AUS DER POLIKLINIK UND KLINIK FÜR ZAHN-,
MUND- UND KIEFERKRANKHEITEN DER WESTDEUTSCHEN
KIEFERKLINIK DER UNIVERSITÄT DÜSSELDORF
ABTEILUNG FÜR PROTHETIK UND DEFEKTPROTHETIK
Direktor: Prof. Dr. Hermann Böttger

Experimentelle Untersuchungen zur Frage der Funktionsfähigkeit des sogenannten Kugelsterilisators

Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin
der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf

vorgelegt von

Hans-Jürgen Dahl

1982

UNIV.
LEIDEN
NED.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41536502_0066

Aus der Poliklinik und Klinik für
Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der
Westdeutschen Kieferklinik der Universität Düsseldorf
Abteilung für Prothetik und Defektprothetik
Direktor: Prof. Dr. H. Böttger

Experimentelle Untersuchungen zur Frage der Funktionsfähigkeit des sogenannten Kugelsterilisators

D I S S E R T A T I O N
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin
der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf

vorgelegt von
Hans-Jürgen Dahl

1982

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf

Der Dekan
gez. Prof. Dr. G. Arnold

Referent
gez. Prof. Dr. J. P. Engelhardt

Korreferent
gez. Prof. Dr. L. Grün

Herrn Prof. Dr. J. P. Engelhardt möchte ich für die Überlassung des Themas und die oftmalige, tatkräftige Unterstützung bei der Durchführung der Arbeit aufrichtig danken.

Nicht minder großer Dank gilt auch Prof. Dr. L. Grün und seinen Mitarbeitern, in dessen Abteilung des Hygiene-Institutes in Düsseldorf die Untersuchungen durchgeführt wurden.

Meinen Eltern

Inhaltsverzeichnis

		Seite
1.	Einleitung	1
2.	Spezifische Problemstellung	4
3.	Material und Methoden	6
3.1.	Geräte	6
3.1.1.	Kugelsterilisator nach Dr. DESSART der Firma SANAP GmbH	6
3.1.2.	Kugelsterilisator der PULPDENT CORPORATION OF AMERICA (PCA)	8
3.1.3.	Kugelsterilisator der Firma BUFFALO DENTAL MFG. CO., Inc.	8
3.1.4.	Kugelsterilisator der Firma WEIL DENTAL SUPPLIES Ltd.	9
3.2.	Temperaturmessungen	9
3.3.	Instrumente	10
3.4.	Testkeime und Nährböden	12
3.5.	Kontamination der Instrumente	12
3.6.	Sterilisierversuche und Rekultivierung der Keime	13
4.	Temperaturen	15
4.1.	Ergebnisse	15
4.1.1.	Dr. DESSARTscher Kugelsterilisator	16
4.1.2.	PCA-Gerät	17
4.1.3.	BUFFALO-Gerät	20
4.1.4.	WEIL DENTAL-Gerät	22

		Seite
4.2.	Diskussion	24
4.2.1.	Darstellung der Ergebnisse der Voruntersucher	24
4.2.2.	Diskussion der Ergebnisse der eigenen Temperaturmessungen	27
5.	Biologische Prüfung	29
5.1.	Ergebnisse	29
5.1.1.	Vergleich der Kontamination mit und ohne Blut	30
5.1.2.	Vergleich der vegetativen Keime mit Sporen	30
5.1.3.	Vergleich der Medien Glas und Salz	31
5.1.4.	Vergleich zwischen Achse und Randzone	31
5.1.5.	Vergleich zwischen teilweisem und vollständigem Einstecken	32
5.1.6.	Vergleich von Instrumenten mit und ohne Stop	33
5.1.7.	Vergleich der Geräte	33
5.2.	Diskussion	34
5.2.1.	Darstellung der Ergebnisse der Voruntersucher	34
5.2.2.	Diskussion der Ergebnisse der eigenen biologischen Prüfung	36
6.	Beurteilung des sogenannten Kugelsterilisators	42
7.	Zusammenfassung	45
8.	Literaturverzeichnis	46
9.	Anhang (Tabellen 6 - 54)	53

1. Einleitung

Die Notwendigkeit der Sterilisation ist in der Medizin für alle Gegenstände und Materialien, die durch Unterbrechung der Integrität von Haut oder Schleimhaut in den menschlichen Körper eingebracht werden oder mit offenen Wunden in Kontakt gebracht werden, unumstritten (53). Dies gilt auch ohne Einschränkung für chirurgische Eingriffe im Bereich der Zahnmedizin. Für konservierende und prothetische Behandlungen soll nach SAUERWEIN (41) die Desinfektion genügen. MEYER (32) forderte allerdingst schon 1935 auch für die Wurzelkanalbehandlung Sterilität des Instrumentariums. Dieser Meinung schloß sich OTT (37) an, indem er schrieb: " Instrumente, mit denen wir die epithelgeschützte Körperoberfläche durchdringen oder Wunden berühren, müssen ebenfalls absolut keimfrei sein, da hier auch nicht pathogene Keime Störungen verursachen können. Es sind dies zahnärztlich chirurgische Instrumente .... sowie Wurzelkanalinstrumente." ENGELHARDT (6) empfahl die Ausdehnung der Sterilisation möglichst auf das gesamte Instrumentarium. Dasselbe riet die Fédération Dentaire Internationale, die unter Punkt 3.1. der 1978 auf der Generalversammlung in Madrid beschlossenen offiziellen Empfehlung schrieb: "Alle Instrumente zur Behandlung von Patienten sollen .... sterilisiert werden." (9)

Im Gegensatz zur Desinfektion, die sich durch Abtötung oder Inaktivierung vorwiegend gegen vegetative Krankheitserreger richtet, erfaßt die Sterilisation auch die keimungsfähigen Dauerformen von pathogenen und apathogenen Mikroorganismen, die Sporen.

Nach HARDIE und BOWDEN (22) sind sporenbildende Bakterien keine wesentlichen Bestandteile der menschlichen Mundflora. BERGER (2) bezeichnete sie als einen Teil der Durchgangsflora. REENAN und COOGAN (39) berichteten über die Isolierung von Clostridien (anaerobe Sporenbildner) aus der Mundhöhle. Auch SLACK (44) beschrieb das Vorkommen von Clostridium perfringens in infizierten Wurzelkanälen und periapikalen Prozessen. WAGNER (49) präsentierte einen Fall von Gasbrand nach Wurzelkanalbehandlung. Ob die Clostridien bereits vor der Behandlung im Wurzelkanal vorhanden waren, ist nicht geklärt. FANCONI und WALLGREEN (8) erwähnten einen Fall von Tetanus elf Tage nach Wurzelbehandlung eines unteren Molaren bei einem Kind. Auch in diesem Fall konnte der Kausalzusammenhang nicht eindeutig aufgedeckt werden.

Wenn auch die zuletzt zitierten Fälle mit Vorsicht zu interpretieren sind, so sprechen sie doch für die Notwendigkeit der Sterilisation des Instrumentariums auch bei Wurzelkanalbehandlungen. Mit Eröffnung des Pulpakavums ist die Integrität der Körperoberfläche unterbrochen, die freigelegte Pulpa respektive das apikale Gewebe sind als Wundflächen anzusehen und erfordern daher im Sinne der medizinischen und zahnmedizinischen Grundregeln der Wundversorgung sterile Kautelen.

Die Sterilisation der für die Wurzelkanalbehandlung eingesetzten Instrumente und Hilfsmittel wirft bestimmte Probleme auf. PILZ (38), HALDER (19), KALOWSKI (24), KLUCZKA und LAMMERS (25) sowie NYGAARD-OSTBY (34) sprachen sich für die Heißluftsterilisation aus. Bei diesem praxisüblichen Verfahren werden unter anderem nach mehr-

facher Anwendung temperaturbedingte Materialschäden im Sinne einer Versprödung des Stahls und einer damit verbundenen Bruchgefahr diskutiert. Für die für eine Wurzelkanalbehandlung gebräuchlichen Papierspitzen oder Wattepellets ist die Sterilisationstemperatur von 180° C nicht zuträglich. Bei der Sterilisation durch Autoklavieren, das FAJERS und HOLMLUND (7) als geeignetes Verfahren für das Kleininstrumentarium nannten, können temperaturbedingte Schäden weitgehend ausgeschlossen werden. Es sind jedoch korrosive Veränderungen möglich.

Die chemische Sterilisation durch Äthylenoxid empfahlen FUHR (12), HOFFMANN (23) und KLUCZKA und GEWALT (26) als sicheres und universelles Verfahren. Bei dem als STERIVIT-Verfahren bekannt gewordenen Einsatz von Äthoxid zur Sterilisation wurde ein Äthoxid-CO_2-Gemisch auf 6 atü verdichtet bei 60° C angewendet. Wegen der toxischen Wirkung des Äthylenoxids auf Haut und Schleimhaut erfordert dieses Verfahren eine lange Entgasungsphase nach der Sterilisation. Zu bedenken ist auch die Gefährlichkeit dieses Gases hinsichtlich der akuten Toxizität (Letaldosis: 100 - 200 mg/Liter Luft) bei Inhalation und nicht zuletzt der hohen Explosibilität von Gas-Luft-Gemischen wie bei einer Fehlmischung des komprimierten Äthoxid-CO_2-Gemisches. Sogenannte Heißgas-Druck-Sterilisatoren wie der HARVEY-Sterilisator scheiden in diesem Zusammenhang aus, da dieser bestenfalls zu einer Desinfektion befähigt ist (18).

Gemeinsamer Nachteil der genannten Verfahren ist, daß sie relativ zeitaufwendig und daher kaum für eine Sterilisation während einer Behandlung ge-

eignet sind. Um einerseits die Nachteile der praxisüblichen Sterilisationsverfahren zu vermeiden, andererseits steriles Instrumentarium kurzfristig zur Verfügung zu haben, wurden Schnellsterilisationsverfahren für Kleininstrumentarien entwickelt, die es ermöglichen sollten, das benutzte Instrumentarium während der Behandlung schnellstmöglich resterilisieren zu können.

2. Spezifische Problemstellung

Als Schnellsterilisationsverfahren für Kleininstrumentarium wird seit langem der sogenannte Kugelsterilisator von verschiedenen Herstellern angeboten und auch in zahlreichen Praxen eingesetzt. Der elektrisch betriebene Kugelsterilisator ist eine Weiterentwicklung des alten FLAHERTY-Sterilisators (11), in dem mit einer Bunsenflamme eine Bleilegierung erhitzt wurde. Die Nachteile dieses Gerätes waren neben toxischen Bleidämpfen die Oxidschicht auf den behandelten Instrumenten, Spritz- und Verbrennungsgefahr beim Eintauchen von feuchten Instrumenten, ferner inkonstante Temperaturen. In Anbetracht dessen konstruierte man als Weiterentwicklung den heutigen Kugelsterilisator. Zunächst wurden kleine Stahlkugeln als Medium verwendet, später ging man auf Glaskugeln oder Kochsalzkristalle (14) über.

Positive Beurteilungen des Gerätes finden sich bei KOLLATH (28), der von Sterilisation innerhalb von 10 bis 15 Sekunden sprach, und MÜNCH (33), der den Kugelsterilisator mit einer Sterilisationsdauer von 3 Sekunden empfahl. BREENKÖTTER (3,4) und STEINKAMM (46,47) sahen im Kugelsterilisator ein zuverlässiges Gerät zur Zwischen- bzw. Nachsteri-

lisation von Kleininstrumenten und gaben übereinstimmend eine Sterilisationsdauer von immerhin 45 Sekunden an. KÜNZEL (30) kam zu dem Schluß, daß der Kugelsterilisator zwar zur Zwischensterilisation von Kleininstrumenten geeignet sei, keinesfalls aber zur Sterilisation größerer Instrumente wie beispielsweise Skalpellen. GROSSMAN (14,15), der Initiator der Salzfüllung des Sterilisators, garantierte Sterilität bei Anwendung des Kugelsterilisators in längstens 15 Sekunden.

Dagegen berichtete OTT (37), daß mit Staphylokokken kontaminierte Instrumente erst nach 3 Minuten im Kugelsterilisator steril würden und nicht schon nach einigen Sekunden. Er sprach damit dem Verfahren seine Eignung als Schnellsterilisationsverfahren ab. WEIGAND (51) schloß sich dieser Meinung an, indem er darauf hinwies, daß immer nur Teile eines Instrumentes der Hitze ausgesetzt seien. Ein Instrument könne aber nur entweder steril oder unsteril sein. BERGER (2) kam ebenfalls zu einer völligen Ablehnung des Gerätes: "Er stellt kein wissenschaftlich und ärztlich verantwortbares Mittel zur Erreichung der Sterilität dar. Bei der in der Praxis üblichen Bedienungsweise ist er nicht nur unwirksam sondern gefährlich."

Aufgabe der vorliegenden Arbeit soll es sein, einige der heute zur Verfügung stehenden Geräte dieses Wirkungsprinzips hinsichtlich ihrer Sterilisierfähigkeit für Kleininstrumentarium zu überprüfen. Hierzu wurden neben physikalischen Messungen auch biologische Sterilisationsversuche durchgeführt.

3. Material und Methoden

3.1. Geräte

Vier Geräte, die aus zahnärztlichen Praxen entliehen waren, wurden geprüft.*) Der prinzipielle Aufbau aller Geräte ist gleich, geringfügige Unterschiede bestehen in der Größe des Sterilisiergefäßes, die Heizspiralen befinden sich jeweils im Mantel. Eine Übersicht über die wichtigsten Daten ist in Tabelle 1 gegeben.

3.1.1. Kugelsterilisator nach Dr. DESSART der Firma SANAP GmbH, Hamburg

Es handelt sich um ein Gerät mit einem zylindrischen Behälter für Glasperlen bzw. Salzkristalle von 75 mm Tiefe und einem Durchmesser von 40mm. Die Temperatur kann mittels einer Einstellschraube verändert werden. Vom Hersteller werden die Geräte laut Angabe auf eine Betriebstemperatur von 230° C eingestellt geliefert. Ein Thermometer zur Temperaturkontrolle ist nicht vorhanden. Der äußere Mantel des Gerätes erwärmt sich sehr stark. Deshalb ist das Gerät mit einem Korb aus Stahldraht als Berührungsschutz versehen. Der Durchmesser der mitgelieferten Glasperlen beträgt 1 bis 2 mm. Zum Zeitpunkt der Untersuchungen war das Gerät 6 Monate alt.

*) Mein Dank für die Überlassung der Geräte gilt den Herren Dr. BEYER, Düsseldorf: Dr. BERMANN, Wuppertal: Prof. Dr. ENGELHARDT, Düsseldorf: Dr. MUCKO, Düsseldorf.

	DESSART	PCA	BUFFALO	WEIL DENTAL
Sterilisiergefäß				
Tiefe (mm)	75	80	45	85
Durchmesser (mm)	40	40	45	40
Glasperlen Ø (mm)	1-2	1-2	0,5-1	1-2
Betriebstemperatur (°C)	230	230	243-249	230
Temperatur regulierbar	ja	ja	nein	ja
Thermometer eingebaut	nein	ja	nein	ja
Sterilisationszeit für Wurzelkanal-instrumente (sec)	5	5	5	5

Tab. 1: Eigenschaften der untersuchten Geräte nach Firmenangaben

3.1.2. Kugelsterilisator der PULPDENT CORPORATION OF AMERICA (PCA), Brookline, Mass., Modell 2261
Das Sterilisiergefäß ist 80 mm tief und mißt 40 mm im Durchmesser. Laut Firmenangabe ist das Gerät mit einem Präzisionsthermostaten ausgerüstet, der für konstante Betriebstemperatur von 230° C sorgen soll. Eine Einstellmöglichkeit ist vorhanden. Ein Thermometer erlaubt eine ständige Kontrolle der Temperatur. Zusätzlich ist eine Kontrollampe vorhanden, die bei ausreichender Betriebstemperatur aufleuchten soll. Der Durchmesser der Glasperlen beträgt 1 bis 2 mm. Als Sterilisationszeit für Wurzelkanalinstrumente wird 5 Sekunden angegeben. Das Alter des untersuchten Gerätes betrug 2 Jahre.

3.1.3. Kugelsterilisator der Firma BUFFALO DENTAL MFG CO., INC., Brooklyn, N.Y., Modell 62
Das Gerät besitzt ein Sterilisiergefäß von 45 mm Tiefe bei einem Durchmesser von ebenfalls 45 mm. Vom Boden her ragt in den Innenraum ein Kegel mit schmalen seitlichen Stegen hinein. Der Kegel hat am Fuß einen Durchmesser von 15 mm, an der Spitze von 9 mm. Die seitlichen Stege sind 15 mm hoch und reichen bis zum Mantel. beim Einstecken von längeren Wurzelkanalinstrumenten wird unter Umständen der Kegel bzw. ein Steg getroffen. Die Betriebstemperatur wird mit 243 bis 249° C angegeben. Ein Thermometer ist nicht vorhanden. Zwei Kontrollampen zeigen die aktuelle Funktion der Heizung und die erreichte Betriebstemperatur an. Eine Einstellmöglichkeit ist nicht vorhanden. Der Durchmesser der Glasperlen beträgt 0,5 bis 1 mm. Als Sterilisationszeit für Wurzelkanalinstrumente wird 5 Sekunden genannt. Das untersuchte Gerät befand sich in fabrikneuem Zustand.

3.1.4. Kugelsterilisator der Firma WEIL DENTAL SUPPLIES LTD., Toronto, Ont., Modell 2000 E
Das Sterilisiergefäß ist 85 mm tief und hat einen Durchmesser von 40 mm. Außen am Gerät ist ein Thermometer montiert. Eine Kontrollampe zeigt die erreichte Betriebstemperatur an, die mit 230° C angegeben wird. Eine Einstellmöglichkeit ist vorhanden. Auch bei diesem Gerät wird auf den Präzisionsthermostaten hingewiesen, der eine "stets gleiche Temperatur" garantiert. Der Durchmesser der Glasperlen beträgt 1 bis 2 mm. Die Sterilisationszeit für Wurzelkanalinstrumente soll 5 Sekunden betragen. Das untersuchte Gerät war 3 Monate alt.

3.2. Temperaturmessungen

In Anlehnung an KOEHLER und HEFFERREN (27) und OLIET, SORIN und BROWN (36) wurde ein Thermoelement in der Ausführung Eisen-Kupfer-Nickel (HOSKINS CO.) verbunden mit einem weiteren Thermoelement Eisen-Konstantan als Referenzelektrode verwendet. Die Meßwerte wurden durch einen Schreiber (OMNISCRIBE RECORDER) registriert. Die Eichung des Systems erfolgte vor jeder Meßperiode in siedendem Wasser (100° C) und in siedendem Naphthalin (218° C), wobei die Referenzelektrode in Eiswasser (0° C) gehalten wurde.

Da der Durchmesser des Thermoelements nur 1 mm betrug, war es möglich, punktförmig Messungen bei zu vernachlässigender Absorption von Wärme durch das Meßinstrument durchzuführen. Die Meßpunkte lagen auf Kreisbahnen, die 2 mm und 10 mm von der Wand des Sterilisationszylinders entfernt lagen, ferner auf der Zylinderachse. Sowohl in Glasperlen

als auch in kristallinem Kochsalz (MERCK 6404) als Medium wurden Messungen in Tiefen von 2, 5, 7, 10, 20 und 30 mm durchgeführt (Abb. 1).

Im folgenden Text und in den Abbildungen und Tabellen werden der Vereinfachung halber die Glasperlen als Glas und die Kochsalzkristalle als Salz bezeichnet.

Alle Messungen wurden nach mehrmaligem Schalten der Thermostaten, also nach sicherem Erreichen der Betriebstemperatur vorgenommen. Eine Veränderung der Einstellung der Geräte erfolgte nicht; sie wurden so geprüft, wie sie in den Praxen verwendet wurden. Nach Aussagen der Besitzer sind die Geräte mit der jeweiligen Einstellung vom Hersteller geliefert worden.

3.3. Instrumente

Für die biologische Prüfung der Geräte standen Wurzelkanalinstrumente der Firmen ANTAEOS und MICRO MEGA**) zur Verfügung. Es wurden Reamer aus Edelstahl von 25 mm Länge mit nach Herstellerangaben bis 250° C beständigen Kunststoffgriffen (Duroplast) verwendet. Ferner kamen die üblichen Stops aus hitzebeständigem Kunststoff zur Anwendung. Die Wurzelkanalinstrumente wurden vor Versuchsbeginn in Heißluft sterilisiert und steril aufbewahrt. Zuvor waren die Griffe mit Aluminiumfolie umwickelt worden, um bei der späteren Handhabung die Griffe

**) Der MICRO-MEGA AG, Bad Homburg, und den VEREINIGTEN DENTALWERKEN ANTAEOS, BEUTELROCK, ZIPPERER, ZDARSKY EHRLER KG, München, sei an dieser Stelle für die zur Verfügung gestellten Instrumente gedankt.

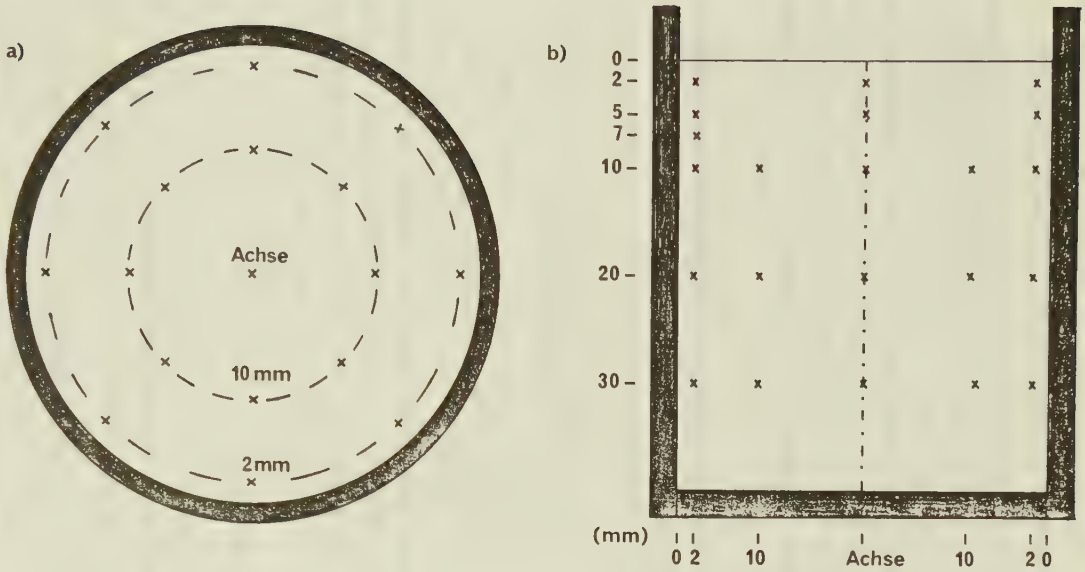


Abb. 1: Schematische Darstellung der Lage der Temperaturmeßpunkte
a) in der Ansicht des Sterilisiergefäßes von oben
b) im Querschnitt des Sterilisiergefäßes

steril halten zu können.

3.4. Testkeime und Nährböden

Als Testkeime dienten native mesophile Erdsporen, wie sie zur Prüfung von Sterilisatoren üblich sind (DIN 58946). Die Resistenz gegen gespannten Dampf betrug 7 Minuten bei 121° C. Als Vertreter für die vegetativen Keime wurden die unter den mesophilen Keimen als besonders thermoresistent geltenden Staphylococcus aureus und Streptococcus faecalis verwendet.

Zur Rekultivierung der Keime nach den Sterilisationsversuchen wurde ein Weichagar mit folgender Zusammensetzung benutzt:

0,8 % Oxoid Fleischextrakt
1,0 % Oxoid Protease Pepton
0,3 % NaCl
0,2 % Na_2HPO_4
0,5 % Agar

Dieser Nährboden wurde zu je 4 ml in Blutröhrchen abgefüllt. Hierbei entstand eine Schichthöhe, die es erlaubte, die Wurzelkanalinstrumente soeben bis zum Griff einzustecken.

3.5. Kontamination der Instrumente

Zur Kontamination der Instrumente wurden verschiedene Gemische zusammengestellt:

.1. 2 Gramm Sporenerde mit 7 ml Speichel verrührt;

.2. 4 Gramm Sporenerde mit 7 ml Speichel und 7 ml nativem Blut verrührt;

.3. Staphylokokken und Enterokokken (Streptococcus faecalis) wurden auf Sojapepton-Agarplatten überimpft und während 24 Stunden bei 37° C in-

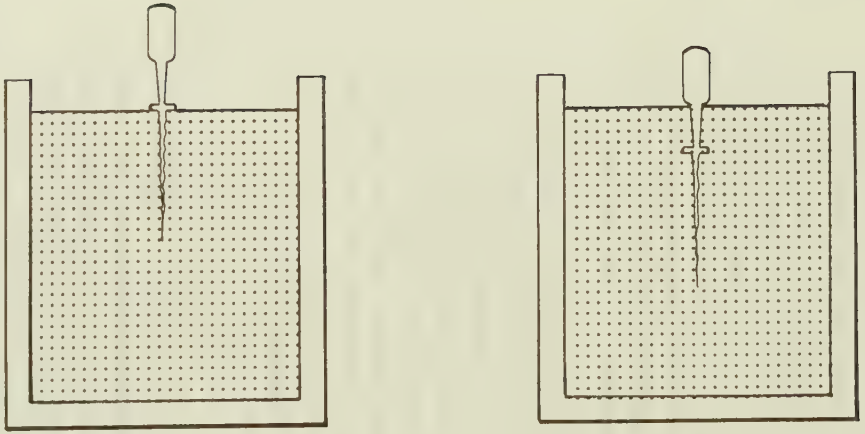
kubiert. Die Bakterienrasen wurden unter Verwendung eines sterilen Glasspatels mit frischem Speichel abgeschwemmt und gut mit diesem vermischt. Dieses Bakterien-Speichel-Gemisch wurde zu gleichen Teilen mit nativem Blut versetzt und vermengt.

Die sterilen Instrumente wurden noch während die Blutgerinnung ablief in das Keim-Speichel- oder Keim-Speichel-Blut-Gemisch bis zum Beginn des Schaftes oder - bei vorhandenem Stop - bis zu dessen Unterfläche eingetaucht. Nach 24-stündiger Antrocknungszeit und Aufbewahrung in sterilen, geschlossenen Petrischalen bei 37^{o} C konnten die Instrumente für die Sterilisierversuche verwendet werden.

Durch Wägungen auf einer Analysenwaage konnte die durchschnittliche Gewichtszunahme der Instrumente durch die Kontamination ermittelt werden. In Verbindung mit einer Keimzahlbestimmung aus den keimhaltigen Gemischen wurde größenordnungsmäßig die Keimbelastung der einzelnen Instrumente errechnet. Für die Sporen ergab sich eine Zahl von ungefähr 8000 pro Instrument, für die vegetativen Keime die Zahl von ungefähr 10^{5} pro Instrument.

3.6. Sterilisierversuche und Rekultivierung der Keime

Die Sterilisierbarkeit der vorbereiteten und kontaminierten Instrumente wurde in den Medien Salz und Glas geprüft. Die Instrumente wurden in der Achse ("innen") oder 2 mm von der Wand des Sterilisierzylinders entfernt ("außen") entweder bis zum Griff oder bis zum Beginn des nicht kontaminierten Schaftes vertikal eingesteckt (Abb. 2). Das Einstecken erfolgte je-



(teilweise mit Stop) (ganz mit Stop)

Abb. 2: Schematische Darstellung der Eintauchtiefe der Instrumente

weils mit steriler anatomischer Pinzette; im Medium wurden sie für unterschiedliche Zeiten belassen. Hiernach wurde mit frischer steriler Pinzette für jeden Schritt das behandelte Instrument aus dem Sterilisator entfernt, das Aluminiumhütchen abgezogen und das Instrument in den Weichagar eingebracht. Die Inkubation der Instrumente im Weichagar betrug für die mit Sporen kontaminierten Reamer zwei Wochen bei 37° C, während die mit vegetativen Keimen kontaminierten Reamer lediglich eine Woche lang im Agar bei 37° C inkubiert wurden. Die langen Inkubationszeiten wurden gewählt, um auch thermisch vorgeschädigte Keime möglichst noch zur Anzüchtung zu bringen. Nach Ablauf der Inkubationszeit wurden die Nährböden makroskopisch auf Wachstum geprüft. Im positiven Fall wurden Subkulturen auf Sojapepton-Agarplatten angelegt, um die gewachsenen Keime identifizieren zu können.

4. Temperaturen

4.1. Ergebnisse

Bei den Temperaturmessungen ergab sich, daß die in gleichem Abstand von der Wand in einer bestimmten Tiefe liegenden Meßpunkte keine erheblichen Unterschiede im Meßwert erkennen ließen. Die Abweichungen lagen in einer Größenordnung bis etwa 5 %. Bei der tabellarischen Erfassung der Meßwerte wurde zur besseren Übersicht nur jeweils der höchste und der niedrigste Wert aller vergleichbaren Meßpunkte angegeben. Die Lokalisationsangabe "innen" bedeutet zentral in der Achse, "außen" 2 mm von der Wand entfernt.

4.1.1. Dr. DESSARTscher Kugelsterilisator

Am DESSARTschen Kugelsterilisator ließ sich feststellen:

.1. Die Temperatur ist nicht in allen gemessenen Tiefen gleich. Die höchste Temperatur wurde mit 242,6° C in Salz in 30 mm Tiefe gemessen. In 2 mm Tiefe betrug die Temperatur am entsprechenden Punkt 194, 1° C.

.2. Von der Wand des Gefäßes zum Mittelpunkt hin kam es zu einem Temperaturabfall. Während die oben genannten Werte in 2 mm Abstand von der Wand gemessen wurden, lagen die entsprechenden Werte in der Achse des Gefässes bei 236,4° C in 30 mm Tiefe und 143,2° C in 2 mm Tiefe.

.3. Weiterhin stellte sich heraus, daß die Temperaturen am jeweiligen Meßpunkt nicht konstant blieben, sondern in mehr oder minder großem Maße schwankten. Die Schwankungsbreite nahm sowohl von oben nach unten als auch von außen nach innen ab, sodaß die geringste Schwankung innen in 30 mm Tiefe mit 2,1° C (Glas), die stärkste Schwankung außen in 2 mm Tiefe mit 17,3° C (Salz) meßbar war.

.4. Salz als Medium erbrachte durchweg höhere Temperaturen als Glas. Der größte Unterschied Salz-Glas wurde mit 32,7° C an der Wand des Gefäßes in 5 mm Tiefe gemessen, der geringste Unterschied ergab sich in 10 mm Tiefe zentral mit 4,7° C.

In Tabelle 2 sind die in den verschiedenen Punkten und im jeweiligen Medium gemessenen Werte aufgeführt. Der maximale Temperaturunterschied von 125,8° C läßt sich erkennen zwischen dem oberfläch-

lichen , mittleren Meßpunkt in Glas zu Beginn der Aufheizphase und dem tiefsten, äußeren Punkt im Salz am Ende der Aufheizphase.

4.1.2. PCA-Gerät (Tabelle 3)

.1. Auch bei diesem Gerät wurde die höchste Temperatur im Medium Salz in 30 mm Tiefe und 2 mm Abstand von der Wand des Gefäßes gemessen: 296,9° C. Für den entsprechenden Meßpunkt in 2 mm Tiefe lag der Wert bei 199,0° C.

.2. Die Unterschiede zwischen Achse und Wand des Gefässes bewegten sich in der Größenordnung von bis zu 36° C in 10 mm Tiefe.

.3. Die durch die Schaltperioden des geräteeigenen Thermostaten bedingten Schwankungen der Temperatur am jeweiligen Meßpunkt waren auch bei diesem Gerät innen geringer als außen. Die größte Schwankungsbreite wurde im Medium Salz in 30 mm Tiefe und 2 mm Entfernung vom Rand beobachtet: 36,0° C.

.4. Das Medium Salz war in der maximal erreichbaren Temperatur dem Medium Glas überlegen. Bis zu 9,5° C lag die Maximaltemperatur in Salz höher als in Glas. Allerdings fällt auf, daß die durch die Schaltperioden bedingte Minimaltemperatur in Salz vor allem an der Wand in der Tiefe von 30 mm unterhalb der minimalen Temperatur von Glas lag.

Die geringste im PCA-Gerät gemessene Temperatur wurde innen oberflächlich (2 mm) im Medium Glas mit 163,7° C festgestellt, die höchste Temperatur erbrachte Salz außen und in der Tiefe von 30 mm mit 296,9° C am Ende der Aufheizperiode. Die Differenz beträgt demnach 133,2° C.

Entfernung von der Medienoberfläche mm	Medium	Entfernung der Meßpunkte zur Gefäßwand		
		2 mm	10 mm	Achse
2	Glas	156,6 - 168,1	-	116,8 - 130,7
	Salz	176,8 - 194,1	-	133,6 - 143,2
5	Glas	168,1 - 177,7	-	142,2 - 148,9
	Salz	200,8 - 210,4	-	161,4 - 170,1
7	Glas	189,3 - 194,0	-	154,7 - 163,3
	Salz	208,4 - 212,8	-	175,8 - 178,7
10	Glas	200,1 - 209,6	180,1 - 192,7	187,5 - 192,7
	Salz	217,9 - 227,2	196,4 - 202,6	194,4 - 197,4
20	Glas	216,9 - 225,4	212,8 - 216,9	210,6 - 213,7
	Salz	228,2 - 235,4	224,1 - 227,2	223,1 - 224,1
30	Glas	224,3 - 230,7	223,3 - 226,4	223,3 - 225,4
	Salz	232,3 - 242,6	232,3 - 235,4	233,3 - 236,4

Tab. 2: Dr. DESSARTscher Kugelsterilisator: Minimal- und Maximaltemperaturen (^{o}C) an verschiedenen Meßpunkten in Glas und Salz als Medium

Entfernung von der Medienoberfläche mm	Medium	Entfernung der Meßpunkte zur Gefäßwand		
		2 mm	10 mm	Achse
2	Glas	190,3 - 193,8	-	163,7 - 170,4
	Salz	196,1 - 199,0	-	169,7 - 175,1
5	Glas	205,5 - 206,3	-	179,0 - 182,8
	Salz	209,4 - 212,3	-	195,0 - 200,1
7	Glas	217,9 - 225,1	-	198,0 - 202,8
	Salz	223,7 - 229,4	-	215,3 - 218,9
10	Glas	231,8 - 249,2	218,9 - 225,8	213,6 - 214,5
	Salz	234,4 - 258,7	225,8 - 233,6	218,8 - 222,3
20	Glas	254,4 - 273,5	254,4 - 261,3	252,6 - 255,3
	Salz	248,3 - 276,1	254,4 - 263,1	254,4 - 257,8
30	Glas	267,4 - 288,2	270,9 - 277,0	272,6 - 275,2
	Salz	259,6 - 296,9	267,4 - 281,3	266,5 - 274,3

Tab. 3: PCA - Kugelsterilisator: Minimal- und Maximaltemperaturen (^{o}C) an verschiedenen Meßpunkten in Glas und Salz als Medium

4.1.3. BUFFALO-Gerät (Tabelle 4)

.1. Das Gerät erreicht mit 302,1° C im Medium Salz in 30 mm Tiefe und 2mm Abstand von der Wand des Gefässes die höchste aller gemessenen Temperaturen. In 2 mm Tiefe an entsprechender Stelle konnten immer noch 219,9° C gemessen werden.

.2. Wegen eines Steges am Boden des Sterilisierzylinders konnten die Messungen in der Achse in 20 und 30 mm Tiefe nicht durchgeführt werden. In Tiefen bis zu 10 mm konnten auffallend große Unterschiede zwischen den auf den Achse und den in Wandnähe liegenden Meßpunkten festgestellt werden. Im Medium Glas lag der in 2 mm Tiefe auf der Achse gemessene Wert um rund 87° C niedriger als der außen gemessene.

.3. 37° C betrug die größte Schwankungsbreite im Medium Salz außen in 30 mm Tiefe, die kleinste Schwankung ergab sich mit 6° C innen in 10 mm Tiefe in Glas.

.4. Die größte Temperaturdifferenz des Mediums Salz gegenüber Glas war mit 23,1° C innen zentral in 5 mm Tiefe meßbar, auch die Minimalwerte wichen im Achsenbereich am stärksten von denen in Glas gemessenen Werten ab.

In 30 mm Tiefe und 2 mm Abstand von der Wand des Gefässes wurde im Medium Salz die höchste Temperatur mit 302,1° C gemessen. Die Differenz zum ungünstigsten Meßpunkt (innen, 2 mm Tiefe, Glas) betrug rund 187° C.

Entfernung von der Medienoberfläche mm	Medium	Entfernung der Meßpunkte zur Gefäßwand		
		2 mm	10 mm	Achse
2	Glas	190,2 - 216,1	-	115,4 - 128,8
	Salz	191,2 - 219,9	-	119,2 - 132,6
5	Glas	202,7 - 225,7	-	147,0 - 156,6
	Salz	206,5 - 239,2	-	171,0 - 179,7
7	Glas	231,5 - 255,5	-	174,9 - 182,5
	Salz	238,2 - 265,1	-	188,3 - 197,9
10	Glas	249,2 - 276,1	218,8 - 239,6	211,9 - 218,0
	Salz	251,0 - 283,0	229,2 - 250,0	217,1 - 227,5
20	Glas	263,9 - 296,0	262,2 - 283,0	-
	Salz	264,0 - 292,5	262,2 - 288,2	-
30	Glas	268,3 - 299,4	268,2 - 295,1	-
	Salz	264,8 - 302,1	268,3 - 301,2	-

Tab. 4: BUFFALO - Kugelsterilisator: Minimal- und Maximaltemperaturen (^{o}C) an verschiedenen Meßpunkten in Glas und Salz als Medium

4.1.4. WEIL DENTAL-Gerät (Tabelle 5)

.1. Die an der Gefäßwand gemessene Temperaturdifferenz im Medium Salz betrug rund 106° C; die Maximaltemperatur wurde in 30 mm Tiefe mit 261,1° C erreicht. In der Achse gemessen war die Differenz zwischen Oberfläche und Tiefe geringer: 131,8 bis 222,3° C in Glas, 144,9 bis 230,1° C in Salz.

.2. Relativ geringe Temperaturunterschiede ergaben sich in 2 mm Tiefe, also oberflächennah, zwischen den äußeren Meßpunkten und dem zentralen Meßpunkt. In der Tiefe von 30 mm war die Temperatur im Zentrum um 31° C niedriger als im Wandbereich bei Verwendung von Salz.

.3. Wiederum sind die durch den Thermostaten bedingten Schwankungen außen größer als innen. In 30 mm Tiefe im Medium Salz wurde die maximale Schwankung mit 47° C gemessen. Im Zentrum betrugen die Schwankungen nur wenige Grad, 10° C wurden in keinem Zentralmeßpunkt überschritten.

.4. Um bis zu 20° C lagen die Temperaturen in Salz höher als in Glas. Auch bei diesem Gerät lagen die Minimaltemperaturen in Salz im Wandbereich in 20 und 30 mm Tiefe, in 30 mm Tiefe auch zentral geringfügig niedriger als in Glas. Die Schwankungsbreite war in Salz größer.

Der Unterschied zwischen dem günstigsten Punkt in Salz und dem schlechtesten Punkt in Glas betrug 139,6° C . Ungewöhnlich niedrig war bei diesem Gerät die oberflächennah an der Wand im Medium Glas gemessene Temperatur: 126,2° C.

Entfernung von der Medienoberfläche mm	Medium	Entfernung der Meßpunkte zur Gefäßwand		
		2 mm	10 mm	Achse
2	Glas	126,2 - 144,0	-	121,5 - 131,8
	Salz	136,5 - 154,3	-	135,6 - 144,9
5	Glas	144,0 - 159,9	-	138,4 - 144,9
	Salz	145,8 - 161,2	-	149,6 - 158,1
7	Glas	162,7 - 171,2	-	151,5 - 156,2
	Salz	158,1 - 173,0	-	164,6 - 170,2
10	Glas	170,6 - 185,3	162,9 - 175,8	160,3 - 162,0
	Salz	176,7 - 203,4	179,2 - 185,3	176,7 - 181,0
20	Glas	199,1 - 218,0	200,8 - 205,9	197,3 - 199,9
	Salz	197,0 - 233,5	204,2 - 214,6	204,2 - 211,1
30	Glas	216,3 - 241,3	221,4 - 230,1	221,4 - 222,3
	Salz	214,6 - 261,1	222,3 - 235,2	220,6 - 230,1

Tab. 5: WEIL DENTAL - Kugelsterilisator: Minimal- und Maximaltemperaturen (^{o}C) an verschiedenen Meßpunkten in Glas und Salz als Medium

4.2. Diskussion

4.2.1. Darstellung der Ergebnisse der Voruntersucher

Temperaturunterschiede an verschiedenen Meßpunkten über den horizontalen und vertikalen Querschnitten zweier Kugelsterilisatoren (UNION BROACH CO. und ESQUIRE MFG. CO.) fanden OLIET, SORIN und BROWN (36). Sie verglichen außerdem die Wärmeübertragungsfähigkeit von Glasperlen mit der von Salz. Sie setzten dabei eine Sterilisationsdauer von 10 Sekunden bei 225° C voraus unter Bezugnahme auf STEWART und WILLIAMS (48), OLIET (35), GROSSMAN (14,15) und FINDLAY (10). Es stellte sich heraus, daß die Temperatur unmittelbar unter der Oberfläche des Mediums sehr viel geringer war als die erwarteten 225° C. Beim UNION BROACH Sterilisator betrugen die Temperaturen im Medium Glas 158 bzw. 143° C an den Seiten und 112° C in der Mitte. In Salz waren die entsprechenden Werte 145 bzw. 132° C und 120° C. Beim ESQUIRE-Gerät gaben die Autoren für das Medium Glas an den Seiten 121 bzw. 112° C und in der Mitte 100° C an. Die Werte für das Medium Salz lagen hier im Gegensatz zu dem zuvor genannten Gerät höher als in Glas, nämlich an den Seiten 123 bzw. 132° C und in der Mitte 108° C. Aus diesen Angaben wird ein deutlicher Temperaturabfall in Richtung von der Wand zum Zentrum hin erkennbar. Noch größer waren die Unterschiede zwischen der Basis des Gefäßes und der Oberfläche: sie betrugen beim UNION BROACH-Gerät in Salz zwischen 70 und 90° C, in Glas zwischen ca. 60 und 90° C. Beim ESQUIRE-Gerät waren die Differenzen in Glas und Salz sogar 130 bis 140° C. Somit lagen die maximalen Temperaturen am Boden des Gefässes und am Rand bei UNION BROACH in Glas bei

214° C, in Salz bei 217° C, bei ESQUIRE in Glas und in Salz bei 256° C.

Auf Grund dieser gravierenden Temperaturunterschiede empfahlen die Autoren, die Instrumente nahe am Rand und möglichst tief einzustecken. Außerdem regten sie an, die Sterilisationsgefäße enger zu gestalten. Salz erkannten sie als den besseren Wärmeüberträger.

KOEHLER und HEFFERREN (27) untersuchten zwei verschiedene Sterilisatoren (ohne Firmenangabe). Sie fanden die größten Temperaturunterschiede zwischen einem Punkt zentral unter der Oberfläche und einem Punkt in der Tiefe am Rand des Gefässes. Die Differenz betrug in Glas 141° C, in Salz lediglich 98° C. Auch diese Autoren weisen auf die Abhängigkeit der erreichbaren Temperatur der zu sterilisierenden Instrumente von der Eintauchtiefe hin. Die angestrebte Sterilisiertemperatur von 218° C erreichten sie im Zentrum erst in einer Tiefe von ca. 20 mm. Salz erwies sich ebenfalls als das günstigste Medium.

KÜNZEL (30) prüfte einen Kugelsterilisator der Firma R. BÜTTNER, Dresden, der in der oberflächlichen Schicht, der von ihm sogenannten "Sterilisierzone", eine Temperatur von 265 bis 270° erreichte, während in der Tiefe die Temperatur nur wenig höher lag, nämlich bei 280° C.

Bei einem von WINDELER und WALTER (54) untersuchten, nicht näher bezeichneten Kugelsterilisator betrug der Temperaturgradient in Glas ca. 60° C, in Salz war er etwas geringer. Erwähnt wird die Schwierigkeit, die Betriebstemperatur einzustellen und konstant zu halten. Salz erwies sich als Medium, das eine höhere Temperatur erreichen ließ.

Als Sterilisiertemperatur wurde 218° C angegeben, ohne näheren Hinweis, wo diese Temperatur erreicht werden soll.

GROSSMAN (16) nannte für Glasperlen eine Temperatur zwischen 225 und 250° C als notwendig für eine effektive Wärmeübertragung. In Salz allerdings empfahl er Temperaturen zwischen 218 und 245° C. Den Temperaturgradienten in Glas gab er mit 30° C an.

Am DESSARTschen Kugelsterilisator machte HANNE (20, 21) Versuche im Temperaturbereich zwischen 170 und 260° C. Leider fehlen Angaben, wie die entsprechenden Temperaturen eingestellt, bzw. wo sie gemessen wurden. Seine Empfehlung lautete, die Temperatur von 220° C nicht zu unterschreiten, angemessen wäre die Temperatur von 250° C und mehr.

Die Sterilisiertemperatur gaben KOEHLER et al. (27), OLIET et al. (36) und WINDELER et al. (54) unter Berufung auf GROSSMAN mit 218° C an. Dies muß erstaunen, da GROSSMAN keine Hinweise gab, wie er zu dieser Empfehlung kam, und auch nicht angab, wo diese Temperatur erreicht werden muß. Andererseits wird Bezug genommen auf Autoren wie STEWART und WILLIAMS (48), FLAHERTY (11) und BOAK (1), die ihre Untersuchungen an einem "molten metal sterilizer" vorgenommen hatten.

Unter den vielen Veröffentlichungen über Kugelsterilisatoren ist bedauerlicherweise nicht eine Arbeit, die klare Beziehungen zwischen der Mindesttemperatur in einem angemessenen Abstand von der Oberfläche des Mediums und dem biologisch überprüften Sterilisationsergebnis herstellt.

4.2.2. Diskussion der Ergebnisse der eigenen Temperaturmessungen

Es liegt nahe, die Temperatur als Parameter für die Funktionssicherheit eines sogenannten Kugelsterilisators zu wählen. Die durchgeführten Temperaturmessungen an 4 verschiedenen Kugelsterilisatoren haben erwiesen, daß die Temperaturen im Nutzraum der Geräte auch nicht annähernd konstant genannt werden können. Es bestehen gravierende Wärmeverluste einmal in Richtung von unten nach oben und weiterhin von außen nach innen. Die Temperaturunterschiede zwischen dem heißesten Punkt in der Tiefe im Wandbereich und dem ungünstigsten Punkt knapp unterhalb der Oberfläche des Mediums im Achsenbereich des Sterilisationszylinders sind in Salz etwas geringer als in Glas. Sie betragen bei dem WEIL DENTAL-Gerät je nach Heizphase in Salz 79 bis 116° C, in Glas 95 bis 110° C. Bei dem PCA-Gerät und dem Gerät nach Dr. DESSART liegen die Unterschiede im Bereich von 90 bis 120° C. Die größten Unterschiede sind bei dem BUFFALO-Gerät meßbar: In Salz beträgt die Differenz 146 bis 170° C und in Glas 153 bis 171° C.

Selbst wenn man wegen der unvermeidlichen, starken Wärmeabstrahlung und -ableitung im oberflächlichen Bereich diese obersten Schichten unberücksichtigt ließe und lediglich den Bereich von mehr als 10 mm Tiefe als Nutzraum der Gefäße betrachtete, müßte man immer noch mit erheblichen Temperaturdifferenzen rechnen. Die Unterschiede würden dann etwa zwischen 40 und 80° C bei den Geräten von BUFFALO, PCA und WEIL DENTAL liegen, beim DESSARTschen Gerät würden sie geringer sein, nämlich zwischen 37 und 45° C..

Bei dieser Überlegung bleibt zunächst unberücksichtigt, daß ein mechanisches Abstreifen von infektiösem Material in der Oberflächenschicht des Mediums beim Einbringen eines Instrumentes erfolgt. Dieses Material könnte beim Herausnehmen des Instrumentes erneut aufgenommen werden, wenn es nicht gleichfalls sterilisiert würde.

Neben den erheblichen Temperaturunterschieden, die sich an verschiedenen Stellen im Gerät feststellen lassen, liegt ein zweiter Unsicherheitsfaktor in den Schwankungen der Temperatur, die durch das periodische Aufheizen und Abkühlen des Mediums bedingt sind. Die Perioden dauern mehrere Minuten. Es kam hierdurch zu Temperaturschwankungen, die je nach Gerät zwischen 32 und 47° C betragen können. Der Begriff "Präzisionsthermostat", wie er von WEIL DENTAL und PCA in der Werbung verwendet wird, ist vom Effekt her betrachtet sicherlich zu relativieren. Eine Verbesserung der Geräte durch Einbau von exakteren Thermostaten ist denkbar. Erstaunlicherweise wird auf diesen Punkt in der umfangreichen Literatur nicht hingewiesen.

Die Herstellerfirmen der in dieser Arbeit untersuchten Geräte - mit Ausnahme von BUFFALO - geben die Betriebstemperatur mit 230° C an. Es fehlen hier aber Angaben, wo die Temperatur erreicht werden soll und wie sie begründet wird.

Bei dem in der vorliegenden Arbeit untersuchten DESSARTschen Gerät wurde die angegebene Betriebstemperatur von 230° C erst in einer Tiefe von 30 mm sicher erreicht und zwar nur in Salz. Das WEIL DENTAL-Gerät unterschritt auch in 30 mm Tiefe wenigstens zu Beginn der Aufheizphase die Temperatur von 230° deutlich. Die Geräte von PCA und

BUFFALO erreichten in Salz und in Glas über dem gesamten Querschnitt bereits in 20 mm Tiefe eine Temperatur von mehr als 230° C. Für das BUFFALO-Gerät wird eine Betriebstemperatur von ca. 243 bis 249° C angegeben. Diese Temperatur wurde in beiden Medien am Rand in 10 mm Tiefe sicher überschritten. Eine Minimaltemperatur von 230° C erreichte das BUFFALO-Gerät in beiden Medien bereits in 7 mm Tiefe am Rand, das PCA-Gerät erst in 10 mm Tiefe.

Würde als Kriterium für die Beurteilung der Geräte nur das Erreichen der Betriebstemperatur herangezogen, so genügten das Gerät von WEIL DENTAL und das DESSARTsche Gerät nicht, weil sie entweder die Betriebstemperatur überhaupt nicht erreichen oder sie erst in einer Tiefe erreichen, welche die Arbeitslänge eines endodontischen Instrumentes im allgemeinen überschreitet.

Die Beurteilung der Brauchbarkeit der Geräte kann jedoch nicht allein auf Temperaturmessungen gestüzt werden, sondern muß zwingend auch die biologische Prüfung umfassen.

5. Biologische Prüfung

5.1. Ergebnisse

Für die Darstellung der Ergebnisse der biologischen Prüfung wurde eine Verfahren gewählt, das die verschiedenen Kontaminationsarten und die verschiedenen Arten des Einsteckens der Instrumente in das Sterilisationsmedium sowie die beiden Medien Glas und Salz vergleicht: *)
Es wird dargestellt, welche Unterschiede in der erforderlichen Sterilisationszeit sich durch unter-

*) Die Tabellen zu den Ergebnissen der biologischen Prüfung sind im Anhang nach dem Literaturverzeichnis gesondert aufgeführt.

schiedliche Kontamination der Instrumente, nämlich mit bluthaltigen oder blutfreien Keimsuspensionen, durch Kontamination mit vegetativen Keimen oder mit Sporen , durch Verwendung von Glasperlen oder von Salzkristallen als Medium ergeben. Weiterhin wird gezeigt, welchen Einfluß auf die Sterilisationsdauer das Einstecken der Instrumente im Zentrum oder am Rand der Gefäße hat, ob sie teilweise oder ganz eingesteckt werden und ob ein Stop verwendet wird oder nicht. Schließlich werden die vier Geräte miteinander verglichen bei einer bestimmten Art der Kontamination und einer bestimmten Art des Einsteckens der Instrumente.

5.1.1. Vergleich der Kontamination mit und ohne Blut

Am Beispiel des Gerätes von WEIL DENTAL wird in Tabelle 6 und 7 gezeigt, daß die Verwendung von nativem Blut bei der Kontamination der Instrumente zu einer beträchtlichen Verlängerung der Abtötungszeit führt. Während das Gerät Reamer, die nur mit Keimen und Speichel kontaminiert worden waren, innerhalb von 35 Sekunden sterilisierte, war es nicht in der Lage, innerhalb von 100 Sekunden mit Blut, Speichel und Keimen kontaminierte Instrumente zu sterilisieren. Prinzipiell die gleichen Resultate bei den übrigen Geräten zeigt der Vergleich der Tabellen 8 und 9, 10 und 11, 12 und 13, 14 und 15, 16 und 17, 18 und 19 sowie 20 und 21 miteinander.

5.1.2. Vergleich der vegetativen Keime mit Sporen

Die Tabellen 22 und 23 veranschaulichen den Unterschied in der Abtötungszeit von vegetativen Keimen und Sporen am Beispiel des BUFFALO-Gerätes. Während vegetative Keime bereits nach 15 Sekunden

abgetötet waren, wurde zur Abtötung von Sporen die Zeit von 65 Sekunden benötigt. Die Forderung nach Abtötung von Sporen bedingt eine Verlängerung der Einwirkungszeit um einen Faktor von mehr als 4. Entsprechendes läßt sich ablesen, wenn die Tabellen 24 und 25, 26 und 27, 28 und 11, 29 und 9, 30 und 31 sowie 32 und 33 miteinander verglichen werden.

5.1.3. Vergleich der Medien Glas und Salz

Der Vergleich der beiden Medien Glas und Salz ließ unter Bezug auf die anfangs beschriebenen Temperaturmessungen bessere Ergebnisse in Salz erwarten, da hierin etwas höhere Maximaltemperaturen erreicht wurden. Aus Tabelle 34 geht hervor, daß im BUFFALO-Sterilisator bei Anwendung des Mediums Glas eine Sterilisierzeit von 90 Sekunden erforderlich war, während im Medium Salz (Tabelle 35) bereits in 60 Sekunden dieses Ziel erreicht wurde. Aus dem Vergleich der Tabellen 36 und 37, 38 und 39, 28 und 29, 33 und 31, 23 und 25 sowie 14 und 18 wird auch an anderen Geräten die Verlängerung der Abtötungszeit um einen Faktor zwischen etwa 1,5 und 2 bei der Verwendung von Glasperlen erkennbar.

5.1.4. Vergleich zwischen Achse und Randzone

Die extremen Möglichkeiten, die Reamer in das Medium einzustecken, sind innen in der Achse des Gerätes und außen möglichst nahe an der Wand (ca. 2 mm entfernt). Die vorausgegangenen Temperaturmessungen ließen vermuten, daß sich außen bessere Ergebnisse - sprich: kürzere Abtötungszeiten - erzielen ließen als in der Achse, wo die Temperaturen deutlich niedriger lagen. Die Tabellen 33 und 40 einander gegenübergestellt, zeigen beim PCA-

Gerät auf, daß diese Annahme sich bestätigte. Während innen eine Zeit von 70 Sekunden benötigt wurde, um Sterilität zu erreichen, gelang dies außen am Rand innerhalb von 35 Sekunden. Die Tabellen 31 und 41, 23 und 42, 25 und 43, 44 und 27 geben beispielhaft die Ergebnisse des Vergleichs innen zu außen auch an anderen Geräten wieder.

5.1.5. Vergleich zwischen teilweisem und vollständigem Einstecken

Zum Modus des Eintauchens der Wurzelkanalinstrumente gehört auch die Eintauchtiefe. Die Reamer wurden einerseits teilweise, andererseits ganz in das Medium eingetaucht. "Teilweise" bedeutet: das Instrument wurde soweit versenkt, bis die Kontaminationsgrenze soeben nicht mehr sichtbar war. "Ganz" bedeutet: das Instrument wurde bis zur Unterseite des Griffes eingesteckt, also etwa 10 mm über die Kontaminationsgrenze. Nach den Temperaturmessungen mußte angenommen werden, daß in den obersten Schichten des Mediums - etwa ab 10 mm aufwärts - die Sterilisation unsicher bzw. die Sterilisationszeiten länger würden, da die dort gemessenen Temperaturen weit unter der ausgelobten Betriebstemperatur von mindestens 230° C lagen. Die Tabellen 39 und 29 verdeutlichen beim WEIL DENTAL-Gerät, daß sich die Abtötungszeit von 30 auf 70 Sekunden mehr als verdoppelte, wenn die Instrumente statt ganz nur teilweise eingesteckt wurden. Beim BUFFALO-Sterilisator (Tabellen 34 und 36) verlängerte sich die Zeit von 25 Sekunden (ganz eingesteckt) auf 90 Sekunden (teilweise eingesteckt) um fast den Faktor 4. Aus den Tabellen 35 und 37, 27 und 25, 31 und 46 sowie 41 und 47 lassen sich ähnliche Resultate ablesen.

5.1.6. Vergleich von Instrumenten mit und ohne Stop

Der in der Praxis übliche Stop zur Einstellung der Instrumente auf die Länge des Wurzelkanals vergrößert die Unsicherheit der Sterilisation in den obersten Schichten des Mediums. Im BUFFALO-Gerät war eine Verlängerung der Zeit auf mehr als das Doppelte, nämlich von 40 auf 90 Sekunden, notwendig, wenn Reamer mit aufgesetztem Stop teilweise eingesteckt wurden (Tabellen 34 und 48). Vergleichbare Tabellen sind Nummer 26 und 35 sowie 39 und 49. Geringer waren die Verlängerungsfaktoren, wenn die Reamer mit Stop ganz eingesteckt wurden. Dies geht aus den Tabellen 36 und 22, 37 und 24, 28 und 50, 29 und 51 sowie 25 und 52 hervor.

5.1.7. Vergleich der Geräte

Der direkte Vergleich der Geräte beim Einsteckmodus "innen, ganz, ohne Stop" im Medium Salz ist anhand der Tabellen 9 (WEIL DENTAL), 18 (DESSART), 31 (PCA) und 25 (BUFFALO) möglich. Der BUFFALO-Sterilisator steht mit einer Zeit von 30 Sekunden, in der Sterilität (Abtötung von Sporen) erreicht wurde, an der Spitze, gefolgt von dem PCA-Gerät mit 40 Sekunden und dem DESSARTschen Gerät mit 80 Sekunden. Das Gerät von WEIL DENTAL war selbst in 100 Sekunden nicht in der Lage, die Instrumente zu sterilisieren. Die entsprechenden Ergebnisse im Medium Glas sind in den Tabellen 11, 14, 33 und 23 aufgeführt. In diesem Medium gelang es auch dem DESSART-Gerät nicht mehr, innerhalb von 100 Sekunden Sterilität zu bewirken.

5.2. Diskussion

5.2.1. Darstellung der Ergebnisse der Voruntersucher

HANNE (20), BREENKÖTTER (3) und STEINKAMM (46,47) haben mit dem DESSARTschen Kugelsterilisator gearbeitet. HANNE kontaminierte glatte Platinnadeln und -ösen mit Sporen des Bacillus mesentericus. Er beschrieb, daß bei Platinnadeln nach 60 Sekunden Einwirkungszeit sogar bei 260° C noch Wachstum nachgewiesen wurde. Die Ösen seien selbst nach 3 bis 4 Minuten noch nicht steril geworden. BREENKÖTTER infizierte Bohrer und Miller- bzw. Nervnadeln unter anderem mit Hackfleisch und Sporenerde und benötigte zur Sterilisation 45 Sekunden. STEINKAMM experimentierte mit Bohrern und Nervextraktoren, die mit Staphylokokken und Kartoffelbazillen infiziert waren. Er tauchte die Instrumente ganz ein, "sodaß sie selbst ganz von den Kugeln bedeckt waren", und es gelang ihm, innerhalb von 45 Sekunden Sterilität zu erreichen. Alle drei Autoren gaben nicht genau an, wie sie ihre Instrumente kontaminiert hatten, die Verwendung von Blut als Kontaminationshilfsmittel wurde nicht beschrieben. STEINKAMM und BREENKÖTTER kamen zu niedrigeren Abtötungszeiten als sie in der vorliegenden Arbeit am DESSARTschen Kugelsterilisator ermittelt wurden, während HANNE von mehreren Minuten als Sterilisierzeit sprach. Diese Ergebnisse sind mit großer Vorsicht zu interpretieren, da die Angaben über die Kontaminationsart und die Versuchsdurchführung (teilweise, ganz, innen, außen, mit Stop, ohne Stop eingesteckt) unvollständig sind oder ganz fehlen.

SPRING (45) erreichte bei Temperaturen von 210 bis 215° C Sterilität innerhalb von 10 Sekunden. Allerdings tauchte er die mit Escherichia coli, Sta-

phylococcus albus, Streptococcus faecalis und Candida albicans infizierten Nervnadeln 60 mm tief in das Medium ein.

OTT (37) bezog sich auf ein Gutachten von GRUMBACH. Er gab an, daß dieser mit Wurzelkanalinstrumenten, die mit Staphylokokken infiziert waren, experimentierte, ohne aber auf Einzelheiten einzugehen. "Durch Eintauchen der mit Staphylokokken kontaminierten Instrumente in die Kugeln war erst nach drei Minuten Sterilität eingetreten". Da aber Staphylokokken zu den vegetativen Krankheitserregern gehören, kann in diesem Fall nicht von Sterilisation sondern lediglich von Desinfektion gesprochen werden.

GROSSMAN (15,16) gab Sterilisierzeiten von längstens 15 Sekunden im Medium Salz bei 218 bis 245° C und im Medium Glas bei 225 bis 250° C an. Auch er führte nicht aus, wie er zu diesen Ergebnissen gelangte.

WINDELER und WALTER (54) arbeiteten mit Feilen als Versuchsinstrumenten sowohl in Glasperlen als auch in Salz als Medium bei einer Temperatur von 218° C. Sie kontaminierten die Feilen mit einer Suspension von Bacillus subtilis - Sporen in Kochsalzlösung und tauchten sie bei ihren Sterilisierversuchen ganz, d.h. bis zur Unterseite des Griffes, ein. In Salz erzielten sie eine Abtötungszeit von 10 Sekunden, in Glas von 15 Sekunden. KOLLATH (28) erreichte bei 240° C in einem Sterilisator mit Stahlkugeln die Abtötung von Sporen in 10 bis 15 Sekunden, vegetative Keime wurden in 1 bis 5 Sekunden abgetötet.

Bei OTT, KOLLATH und GROSSMAN fehlen ebenfalls konkrete Angaben in Bezug auf die Versuchsbedingungen, so daß auch hier Vorsicht gegenüber den emp-

fohlenen Sterilisierzeiten angebracht ist. Bei den Versuchen von SPRING war wahrscheinlich die Eintauchtiefe von 60 mm bis zum Grund des Gefässes bestimmend für seine günstigen Ergebnisse. Diese Einstecktiefe übersteigt die Länge der üblichen Wurzelkanalinstrumente. Außerdem hatte er ebenso wie die anderen erwähnten Autoren nicht mit Blut kontaminiert, was sicherlich zu längeren Sterilisierzeiten geführt hätte.

5.2.2. Diskussion der Ergebnisse der eigenen biologischen Prüfung

Bei der Frage der Kontamination der Instrumente stellte sich das Problem, wie diese möglichst praxisnah infiziert werden könnten. Nicht akzeptabel war das Verfahren von HANNE, der bakteriologische Platinösen offenbar direkt mit Kolonienmaterial von Bacillus mesentericus kontaminiert hatte. Hierbei fehlten die Faktoren, die die Haftung der Keime am Instrument verstärken, nämlich Eiweißstoffe und Mukopolysaccharide aus Blut und Speichel. Heute kann die Anwendung von Kofferdam bei einer Wurzelkanalbehandlung als üblich angesehen werden. Trotzdem ist mit einer Kontamination mit Mikroorganismen aus der Mundhöhle über einen Zahndefekt und fallweise auch mit Speichelresten zu rechnen. Wird im Einzelfall auf Kofferdam verzichtet, gilt dieses in verstärktem Maß. Bei der Exstirpation der blutenden Pulpa ist die Eiweißbelastung bei einer Instrumentensterilisation augenfällig. BREENKÖTTER versuchte die Haftung der Keime zu verbessern, indem er Sporenerde mit Hackfleisch vermischte und darin die Instrumente kontaminierte. In der einschlägigen Literatur sprach nur OLIET (35) von einer Kontamination der Wurzelkanalinstrumente mit Blut für seine Experimente. Er tauchte die Instrumente in frisches

menschliches Blut während 2 Minuten ein und ließ sie dann an der Luft trocknen. Danach wurden Reamer und Feilen mit Sporen oder vegetativen Keimen infiziert. Trotz dieses weniger realitätsnahen Verfahrens kam er zu dem Schluß, daß Blut einen die Sterilisation erschwerenden Faktor darstellt, da es ihm nicht gelang, innerhalb von 10 Sekunden Instrumente zu sterilisieren, wenn sie mit Blut kontaminiert waren, wohingegen die ohne Blut kontaminierten Instrumente in dieser Zeit steril wurden.

Abweichend von OLIET wurden bei den vorliegenden Untersuchungen die Keime in Speichel aufgeschwemmt und diese Mischung mit frischem Blut versetzt. So war es möglich, die Keime durch die während der Kontamination ablaufende Blutgerinnung besonders fest am Instrument zu fixieren. Die in den vorliegenden Ergebnissen festgestellte Verlängerung der Abtötungszeit steht in guter Übereinstimmung mit Angaben von KONRICH und STUTZ (29), die von einer Resistenzerhöhung der Keime gegenüber Wärme in Anwesenheit von Blut sprachen. Auch SCHMIDT, NAUMANN und HORSCH (43) sprachen von einer Verlängerung der Abtötungszeit für Sporen im Autoklaven um den Faktor 2,5 durch eine Eiweißhülle. Da eine allgemeingültige Aussage bei Sterilisationsprüfungen nur gemacht werden kann, wenn ungünstige Bedingungen berücksichtigt werden, sollte die Beurteilung der Geräte nach den Sterilisationsergebnissen der mit Blut kontaminierten Instrumente erfolgen.

Die vegetativen Keime erwiesen sich in den Versuchen als ungewöhnlich resistent im Vergleich zu den Sporen. Die Literatur macht für so hohe Temperaturen, wie sie in den untersuchten Kugelsteri-

lisatoren gemessen wurden, keine Angaben über die Widerstandsfähigkeit von vegetativen Keimen. Man würde nach den vorliegenden Angaben von LANGE (31), SCHÄFERS (42) und WALLHÄUSER (50) bei Extrapolation der Kurven etwa gleiche Abtötungszeiten erwarten, wie sie sich in den Versuchen herausstellten (s. Abb. 3).

Die von den Herstellern der Geräte angegebenen Sterilisationszeiten reichen nach den vorliegenden Ergebnissen nicht einmal aus, vegetative Keime sicher abzutöten, d.h. also eine Desinfektion zu erreichen. Die mit vegetativen Keimen durchgeführten Versuche sollten nicht Grundlage für die Beurteilung der geprüften Geräte sein, vielmehr sollte geprüft werden, ob sie für eine sichere Desinfektion geeignet sind. Zur Beurteilung eines Gerätes, das als Sterilisator angeboten wird, muß selbstverständlich das Kriterium Sterilität, d.h. also auch die Abtötung von Sporen, ausschlaggebend sein.

Die vergleichenden Temperaturmessungen in Glas und Salz als Medium hatten in Salz allgemein um einige Grad höhere Temperaturen erbracht. Der relativ geringe Unterschied der Temperaturen steht in keinem Verhältnis zu der Verkürzung der Abtötungszeiten in Salz gegenüber in Glas. Wahrscheinlich ist der zusätzliche Effekt auf mechanische Einwirkung zurückzuführen. Die Glasperlen sind rund und um ein Vielfaches größer als die Salzkristalle, die auf Grund ihrer Struktur eher als scharfkantig anzusehen sind. Durch ihre Kleinheit ist eine dichtere Packung möglich, die durch das mit dem Erhitzen verbundene Austreiben der Luft noch verbessert wird. Beim Eintauchen der Wurzelkanalinstrumente wird ein mechanischer Säuberungs-

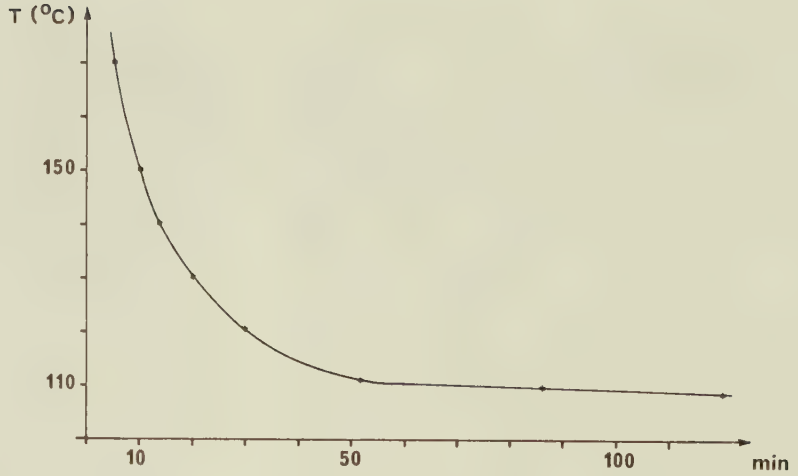


Abb. 3 : Abtötungszeiten von Staphylokokken durch Heißluft
(nach WALLHÄUSSER, LANGE, SCHÄFERS (50,31,42) mod.)

effekt bewirkt, der bei Glasperlen in diesem Ausmaß nicht vorhanden sein kann. Salz bietet folglich in dieser Hinsicht einen Vorteil. Auch GROSSMAN (14) zog Kochsalz als Medium den Glasperlen vor und auch andere Autoren wie KOEHLER und HEFFERREN (27), OLIET et al. (36), WINDELER et al. (54), WEINE (52) beschrieben ebenfalls Salz als effektiveres Medium.

Ein anderer Effekt ist die mögliche Obstruktion des Wurzelkanals durch kleinere Glasperlen. In persönlichen Gesprächen mit praktizierenden Zahnärzten und bei den eigenen Versuchen kam zu Tage, daß oftmals Glasperlen an den Instrumenten beim Entfernen aus dem Sterilisator hängen bleiben. Wird dies nicht bemerkt, besteht die Gefahr, daß die Glasperlen dann in den Wurzelkanal eingebracht werden und ihn irreversibel blockieren. Am Instrument haftende Kochsalzkristalle können dagegen leicht gelöst und der Wurzelkanal kann schnell und unproblematisch wieder durchgängig gemacht werden. Als Nachteil des Salzes kann die korrosive Wirkung auf das Material des Gerätes genannt werden.

Aus den Ergebnissen läßt sich ableiten, daß das Einstecken der Instrumente im Wandbereich zu wesentlich kürzeren Sterilisierzeiten führt. Man sollte aber solche Geräte auswählen, die wie das BUFFALO- und PCA-Gerät die Gewähr bieten, daß auch zentral eingesteckte Instrumente sicher sterilisiert werden, da aller Wahrscheinlichkeit nach Wurzelkanalinstrumente unbewußt eher innen zentral eingesteckt werden. Nach außen zur Gefäßwand hin kann sich die Sterilisationsdauer wegen der ansteigenden Temperatur nur verkürzen. Außerdem können auf diese Weise mehrere Instrumente gleich-

zeitig, etwa in der Reihenfolge ihrer Anwendung, sterilisiert werden. Bei den schlechteren Geräten bleibt nur die Möglichkeit, die Instrumente unmittelbar am Rand einzustecken. Der Praktiker wird dies aber kaum tun, da die Gefahr groß ist, sich an der heißen Gefäßwand zu verbrennen.

Der Stop ist ein notwendiges Hilfsmittel bei der Wurzelkanalbehandlung, auf das wohl kaum verzichtet werden kann. In Bezug auf die Sterilisierfähigkeit der Instrumente stellt er aber einen erschwerenden Faktor dar. Daraus folgt, - und das haben die Versuche gezeigt - daß man mit Stop versehene Wurzelkanalinstrumente ganz, d.h. bis zum Griff, in das Medium einstecken muß, um sichere Sterilität erreichen zu können. Auch OLIET, SORIN und BROWN (36), ebenso wie WINDELER und WALTER (54), gaben die Empfehlung, die Instrumente so tief wie möglich einzutauchen. Durch dieses Vorgehen ist die Zone bis zum Stop, die in den Wurzelkanal eingeführt wird, sicher steril. Auch bei Salz ist das Verfahren des "ganz"-Eintauchens unproblematisch, wenn es durch gelegentliches Umrühren mit einem beliebigen Instrument aufgelokkert wird.

Von den Geräten, die bei den Versuchen getestet wurden, waren nur die Geräte von PCA (Tabelle 53) und BUFFALO (Tabelle 52) fähig, innerhalb von 45 bzw. 40 Sekunden Sterilität zu bewirken. Die Versuchsinstrumente wurden dabei in Salz, innen und ganz eingetaucht, sowie mit Stops versehen sterilisiert. Da die Geräte konstruiert wurden, um eine Schnellsterilisation zu gewährleisten, d.h. durch möglichst kurze Einwirkungszeiten die Sterilisation ohne störende Unterbrechung des Behandlungsablaufes zu ermöglichen, wurde bei den Ver-

suchen ein Limit von 100 Sekunden gesetzt, in dem Sterilität erreicht werden mußte. Das DESSARTsche Gerät (Tabelle 54) konnte innen, ganz in Salz eingetauchte und mit Stops versehene Reamer nicht innerhalb von 100 Sekunden sterilisieren. Beim Gerät von WEIL DENTAL reichten die 100 Sekunden auch für Instrumente ohne Stops nicht aus (Tab. 9).

6. Beurteilung des sogenannten Kugelsterilisators

Die Übersicht über die Ergebnisse der Voruntersucher machte deutlich, wie widersprüchlich die gegebenen Empfehlungen sind. Die genannten Sterilisierzeiten reichen von 3 Sekunden bei MÜNCH (33) bis zu 4 Minuten bei HANNE (20,21) für das Kleininstrumentarium. Teilweise wird von den Autoren nicht klar zwischen Sterilisation und Desinfektion unterschieden. Aus der Vielzahl der Veröffentlichungen wird erkennbar, daß der Kugelsterilisator zumindest nicht so unproblematisch ist, wie es die Werbung der Hersteller glauben machen will. Offensichtlich sind die negativen Urteile nicht berücksichtigt worden (OTT (37), WEIGAND (51), BERGER (2)). Auch die positiven Beurteilungen rechtfertigen nicht die unpräzisen und unrealistischen Sterilisierempfehlungen der Gerätehersteller. Im Falle des DESSARTschen Sterilisators beispielsweise beruft sich der Hersteller auf BREENKÖTTER und HANNE. BREENKÖTTERs Sterilisierzeit betrug 45 Sekunden, nach HANNE waren 4 Minuten erforderlich. Dennoch werden die Geräte als Schnellsterilisatoren mit Sterilisierzeiten von 5 Sekunden angeboten. Die in der Literatur genannten Abtötungszeiten wurden also drastisch gekürzt.

Auch die Beschränkung auf das Kleininstrumentarium, die HANNE und STEINKAMM forderten, wurde nicht be-

rücksichtigt. Beide stimmten darin überein, den Kugelsterilisator nur für die Zwischensterilisation von Nervnadeln oder ähnlichen Wurzelkanalinstrumenten zu verwenden, da nur hierbei sicher Sterilität erreicht werden könne.

BREENKÖTTER zog die Grenzen weiter, indem er den Kugelsterilisator auch für größere chirurgische Instrumente empfahl, obwohl er dies nicht auf Grund eigener Versuche belegen konnte. GROSSMAN untersuchte Exkavatoren, Skaler und Sonden, kontaminiert mit Bac. subtilis-Sporen, auf Sterilisierbarkeit im Kugelsterilisator. Er benötigte hierzu 12 bis 14 Minuten bei 204° C. Dennoch empfehlen z.B. WEIL DENTAL und PCA die Geräte zur Sterilisation von chirurgischen Instrumenten in einer Zeit von 10 bis 15 Sekunden.

Insgesamt muß der Kugelsterilisator als eine relativ unsichere Sterilisationsmethode bezeichnet werden, begründet durch die nachgewiesenen grossen Temperaturunterschiede und die nicht festgelegte Handhabung des Gerätes. Dennoch erfordert der reibungslose Behandlungsablauf in der Praxis ein solches Gerät, da es bisher kein besseres Verfahren gibt, das mit wenig Aufwand die Sterilisation von Kleininstrumenten während der Behandlung ermöglicht. Durch die vorliegenden Untersuchungen konnte bewiesen werden, daß unter erschwerten Bedingungen zumindest bei einigen Geräten - hier bei zwei von 4 Geräten - die Sterilisierbarkeit von Kleininstrumenten innerhalb vertretbarer Zeitspannen gegeben ist.

Die sichere Sterilisation erfordert, daß

1. nur Geräte verwendet werden, die in 10 mm Tiefe eine Mindesttemperatur von 217° C nicht unterschreiten,

2. nur Salz als Medium verwendet wird,
3. die Instrumente bis zum Griff eingesteckt werden,
4. die Instrumente möglichst nahe an der Wand eingesteckt werden,
5. eine Einwirkungszeit von mindestens 45 Sekunden eingehalten wird.

Von Seiten der Hersteller sind Verbesserungen der Geräte möglich. Es wäre wünschenswert, wenn

1. die Mediengefäße enger gestaltet würden,
2. empfindlichere Thermostate eingebaut würden und
3. ein Mechanismus eingebaut würde, der auf das Einstecken eines Instrumentes reagiert und nach Ablauf der notwendigen Sterilisierzeit ein akustisches Signal gibt.

7. Zusammenfassung

Vier verschiedene Kugelsterilisatoren, die in zahnärzlichen Praxen in Gebrauch sind, wurden untersucht. Die mit einem Thermoelement gemessenen Temperaturen zeigten gravierende Differenzen zwischen Achse des Wärmezylinders und Randbereichen, außerdem in axialer Richtung zwischen Oberfläche und Tiefe. Weiterhin wirkten sich die Heizperioden in von der Tiefe abhängigen mehr oder minder großen Temperaturschwankungen aus. Die maximale Differenz zwischen dem heißesten und den kühlsten Punkt betrug 171° C. Salz erwies sich als das günstigere Medium gegenüber Glas. Die angegebene Betriebstemperatur wurde von einem Gerät nur am Boden erreicht, bei den anderen Geräten in unterschiedlichem Abstand von der Oberfläche.

Bei den biologischen Prüfungen wurden Erdsporen der Resistenzstufe III und vegetative Keime verwendet, die mit natürlichem Speichel und nativem Blut vermischt wurden. Es ergab sich, daß die notwendigen Sterilisierzeiten für Wurzelkanalinstrumente weit über den von den Herstellern genannten Zeiten lagen. So erreichten nur zwei Geräte unter bestimmten Voraussetzungen Sterilität innerhalb von 45 Sekunden. Ein Gerät konnte auch in 100 Sekunden die Testsporen unter den gewählten Bedingungen nicht abtöten.

Die Ergebnisse dieser Arbeit regen dazu an, die Handhabung der Geräte zu standardisieren und die Konstruktion zu verbessern, um Unsicherheiten möglichst auszuschließen und dem Zweck des Gerätes als Schnellsterilisator während der Behandlung gerecht zu werden. Sie erscheinen ausreichend praxisnah, um als Standardprüfmethode eingesetzt zu werden.

8. Literaturverzeichnis

1 BOAK, S. D.: Laboratory Tests on Flaherty Molten Metal Sterilizer. Mil. Dent. J. 4(1921)148

2 BERGER, U.: Sterilisation, Desinfektion und Hygiene ind der zahnärztlichen Praxis. Urban & Schwarzenberg, 1954, München und Berlin

3 BREENKÖTTER, W.: Kritische Untersuchung des "Elektro-Kugel-Sterilisators nach Dr. Dessart" unter besonderer Berücksichtigung der Einwirkung der Hitze auf Bohrer und Nadeln. Diss. med. Fak. Köln, 1936

4 BREENKÖTTER, W.: Grenzen der Leistungsfähigkeit des Dr. Dessartschen Kugelsterilisators. Dtsch. zahnärztl. Wschr. 40(1937)874

5 BREENKÖTTER, W.: Dürfen wir Bohrer und Nadeln heiß sterilisieren? Dtsch. zahnärztl. Wschr. 42(1939)822

6 ENGELHARDT, J. P.: Kontamination in der Zahnarztpraxis und Möglichkeiten einer gezielten Dekontamination unter dem Aspekt der Praxisrationalisierung. Dtsch. zahnärztl. Z. 29(1974)165

7 FAJERS, C. M. und L. HOLMLUND: On Steam Corrosion and Steam Corrosion Inhibition. V. Amount of Cyclohexamine Necessary for Complete Corrosion Inhibition during High Pressure Autoclaving of Carbon Steel Instrument Materials. Odont. Rev. 17(1966)160

8 FANCONI, G. und A. WALLGREEN: Lehrbuch der Pädiatrie. Verlag Benno Schwabe, Basel, 1950

9 Fédération Dentaire Internationale: Systematische Hygiene in der zahnärztlichen Praxis. Hyg. + med. 5(1980)498

10 FINDLAY, J.: A Report on the Efficacy of Molten Metal and Ball Bearings as Media for Sterilization. Brit. Dent. J. 98(1955)318

11 FLAHERTY, H. R.: A Molten Metal Sterilizer. Western Dent. J. 30(1916)23

12 FUHR, K.: Klinische und experimentelle Untersuchungen zur Desinfektion und Sterilisation. Dtsch. zahnärztl. Z. 22(1967)1196

13 GROSSMAN, L. J. und J. L. T. APPLETON: Resterilization of Dental Instruments by the Use of Alcohol and Flaming. J. Amer. Dent. Ass. 27(1940)1632

14 GROSSMAN, L. J.: A Hot Salt Sterilizer. Brit. Dent. J. 100(1956)283

15 GROSSMAN, L. J.: Hot Salt Sterilizer for Endodontic Instruments. J. Amer. Dent. Ass. 56(1958)144

16 GROSSMAN, L. J.: Glass Bead Sterilizers. Oral Surg., Oral Med., Oral Path. 1(1958)380

17 GROSSMAN, L. J.: Endodontic Practice. Verlag Lea & Febinger, 1970, Philadelphia

18 GRUEN, L.: Untersuchungen von Geräten, die zur Sterilisation in der zahnärztlichen Praxis angeboten werden. Dtsch. zahnärztl. Z. 34(1979)59

19 HALDER, A. R.: Central Sterile Supply in a Dental Teaching Hospital. Brit. Dent. J. 122(1967)391

20 HANNE, R.: Prüfung eines Kugelsterilisators für Zahnärzte. Zahnärztl. Rdsch. 43(1934)1159

21 HANNE, R.: Zur Frage der Leistungsfähigkeit des Kugelsterilisators nach Dr. W. Dessart. Dtsch. Zahnärztl. Wschr. 40(1937)610

22 HARDIE, J. M. und G. H. BOWDEN: The Normal Microbial Flora of the Mouth, in F. A. Skinner und J. G. Carr, published for the Society for Applied Bacteriology by Academic Press, London and New York, 1974

23 HOFFMANN, K. E.: Auswirkungen der Heißluft- und Äthylenoxidsterilisation auf die Schneidefähigkeit zahnärztlicher Hartmetallbohrer und Diamantschleifer in höchsttourigen Drehzahlenbereichen. Diss. med. Fak. Mainz 1963

24 KALOWSKI, M.: Sterylizacja i dezynfekcja w stomatologii. Czas. Stomat. 16(1963)35

25 KLUCZKA, J. und T. LAMMERS: Hygiene, Desinfektion und Sterilisation in der zahnärztlichen Praxis. Zahnärztl. Welt 57(1956)261

26 KLUCZKA, J. und R. GEWALT: Die Bedeutung des Sterivit-Verfahrens. Zahnärztl. Mitt. 52(1962)661

27 KOEHLER, H. M. und J. J. HEFFERREN: Time-Temperature Relations of Dental Instruments Heated in Root-Canal Instrument Sterilizer. J. Dent. Res. 41(1962)182

28 KOLLATH, W.: Bemerkungen zur Sterilisation und Desinfektion in der zahnärztlichen Praxis. Dtsch. Zahnärztl. Wschr. 38(1935)144

29 KONRICH, F. und L. STUTZ: Die bakterielle Keimtötung durch Wärme. Ferdinand Enke Verlag, 1963, Stuttgart

30 KÜNZEL, W.: Elektro-Kugel-Sterilisator. Schweiz. Mschr. f. Zahnheilkunde 71(1961)86

31 LANGE, H.: Über Desinfektion mit trockener Heißluft. Zschr. f. Hyg. 82(1916)327

32 MEYER, C. A.: Erfahrungen mit einem neuen Elektro-Kugel-Sterilisator für das Kleininstrumentarium. Zahnärztl. Rdsch. 44(1935)1099

33 MÜNCH, F. C.: Sterilisation, Desinfektion und Hygiene in der zahnärztlichen Sprechstunde. Dtsch. Zahnärztl. Wschr. 37(1934)1148

34 NYGAARD-OSTBY, B.: Desinfeksjonsproblemer ved rotbehandling. Norske Tannlaegeforen. Tid. 76(1966)155

35 OLIET, S.: Evaluation of Methods for Sterilizing Root Canal Instruments. Oral Surg., Oral Med., Oral Path. 9(1956)666

36 OLIET, S. S. SORIN und H. BROWN: A Temperature Analysis of Thermostatically Controlled Root Canal Sterilizers Using Molten Metal, Glass-Beads or Salt. Oral Surg., Oral Med., Oral Path. 11(1958)37

37 OTT, A.: Die Desinfektion und Sterilisation des zahnärztlichen Instrumentariums. Dtsch. zahnärztl. Z. 12(1957)148

38 PILZ, W.: Rechtsfragen und forensische Probleme in der zahnärztlichen Praxis. Barth-Verlag, 1963, Leipzig

39 REENAN, J. F. van und M. M. COOGAN: Clostridia Isolated from Human Mouths. Arch. Oral. Bio. 15(1970)845

40 SAUERWEIN, E.: Desinfektion und Sterilisation in der zahnärztlichen Praxis. Dtsch. zahnärztl. Z. 5(1950)281

41 SAUERWEIN, E.: Zahnerhaltungskunde. Georg Thieme Verlag, 1976, Stuttgart

42 SCHÄFERS, M.: Die Abtötung vegetativer Keime durch bewegte Heißluft und ihre heutige Bedeutung. Med. Diss. Düsseldorf 1978

43 SCHMIDT, NAUMANN, HORSCH: Sterilisation, Desinfektion und Entwesung. Georg Thieme Verlag, 1968, Leipzig

44 SLACK, G. L.: The Bacteriology of Infected Root Canals and in Vitro Penicilline Sensitivity. Brit. Dent. J. 95(1953)211

45 SPRING, P. N.: Bacteriologic Evaluation of the Glass Bead Sterilizer for Endodontics. Oral Surg., Oral Med., Oral Path. 12(1959)353

46 STEINKAMM, J.: Grenzen der Leistungsfähigkeit des Dr. Dessartschen Kugelsterilisators. Dtsch. Zahnärztl. Wschr. 40(1937)543

47 STEINKAMM, J.: Schlußwort über die Grenzen der Leistungsfähigkeit des Dr. Dessartschen Kugelsterilisators. Dtsch. Zahnärztl. Wschr. 41(1938)809

48 STEWART, G. G. und N. B. WILLIAMS: A Preliminary Report on the Efficacy of Molten Metal for Sterilization of Root Canal Instruments and Materials. Oral Surg., Oral Med., Oral Path. 3(1950)256

49 WAGNER, W.: Gasbrand und Zahnbehandlung. Dtsch. Zahnärztl. Wschr. 42(1939)290

50 WALLHÄUSSER, K.H. und H. SCHMIDT: Sterilisation, Desinfektion, Konservierung, Chemotherapie. Georg Thieme Verlag, 1967, Stuttgart

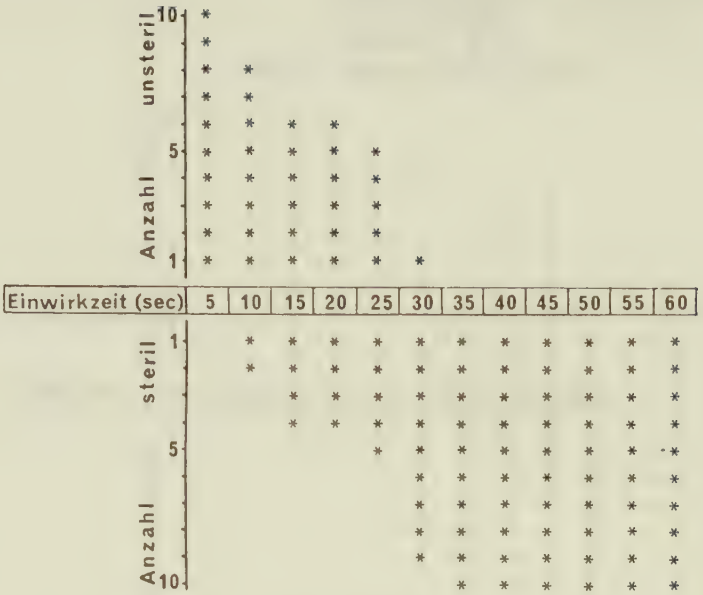
51 WEIGAND, W.: Über die Desinfektion und Sterilisation in der zahnärztlichen Praxis. Med. Mschr. 11(1957)316

52 WEINE, F.S.: Endodontic therapy. The C. V. Mosby Company, 1976, Saint Louis

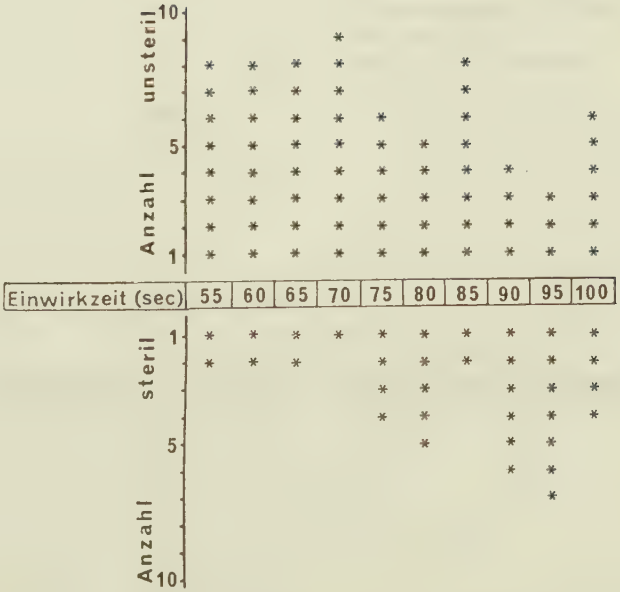
53 WEUFFEN, W. und F. OBERDOERSTER: Krankenhaushygiene. Barth Verlag, 1977, Leipzig

54 WINDELER, A.S. und R.G. WALTER: The Sporicidal Activity of Glass Bead Sterilizers. J. Endodont. 1(1975)237

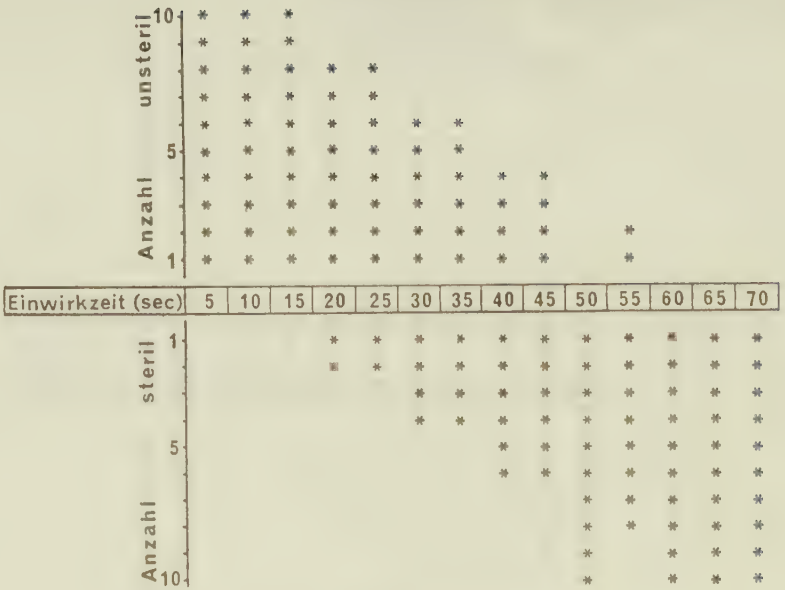
A N H A N G



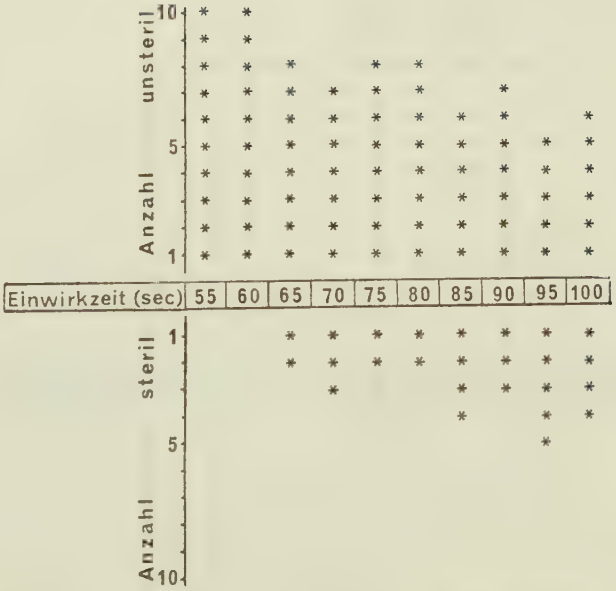
Tab. 6 : **Gerät:** WEIL DENTAL
Medium: Salz
Einsteckmodus: außen, ganz, ohne Stop
Kontamination: Speichel + Sporenerde



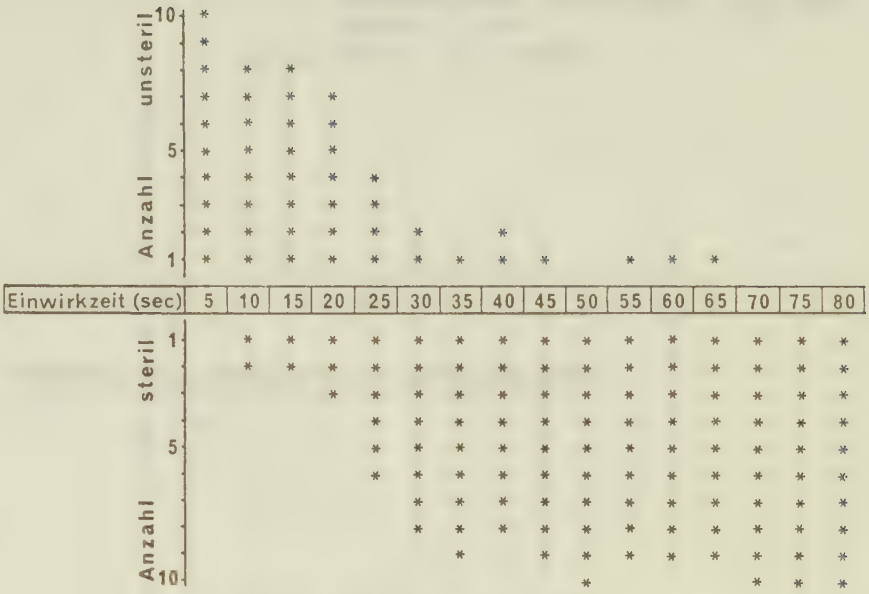
Tab. 7: **Gerät:** WEIL DENTAL
Medium: Salz
Einsteckmodus: außen, ganz, ohne Stop
Kontamination: Speichel + Blut + Sporenerde



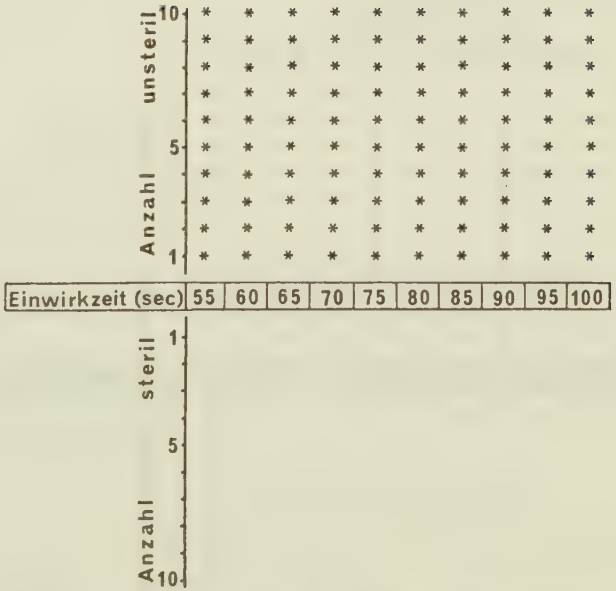
Tab. 8 : **Gerät:** WEIL DENTAL
Medium: Salz
Einsteckmodus: innen, ganz, ohne Stop
Kontamination: Speichel + Sporenerde



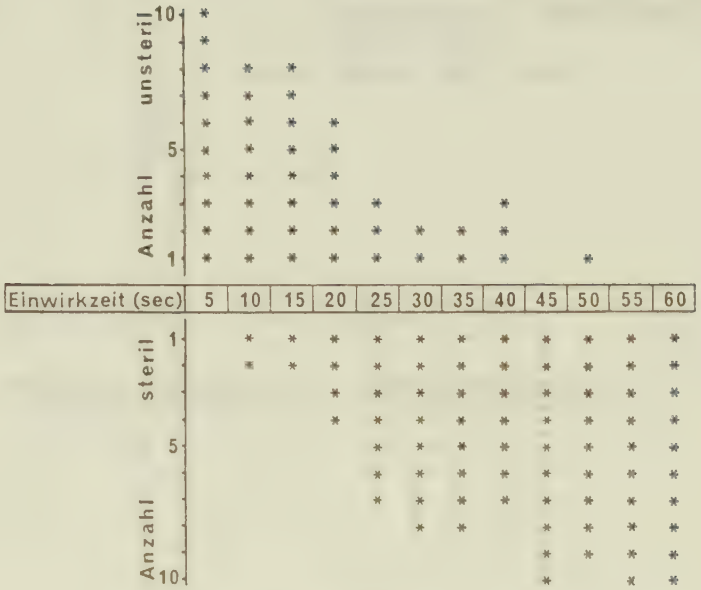
Tab. 9 : **Gerät:** WEIL DENTAL
Medium: Salz
Einsteckmodus: innen, ganz, ohne Stop
Kontamination: Speichel + Blut + Sporenerde



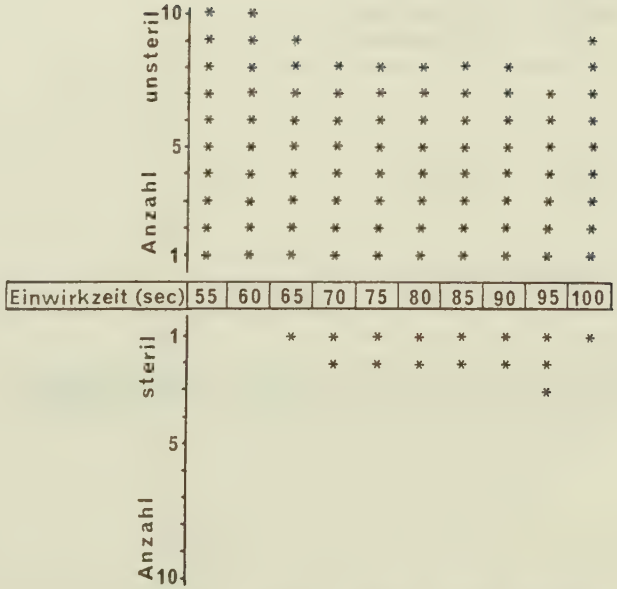
Tab.10 : **Gerät:** WEIL DENTAL
Medium: Glas
Einsteckmodus: innen, ganz, ohne Stop
Kontamination: Speichel + Sporenerde



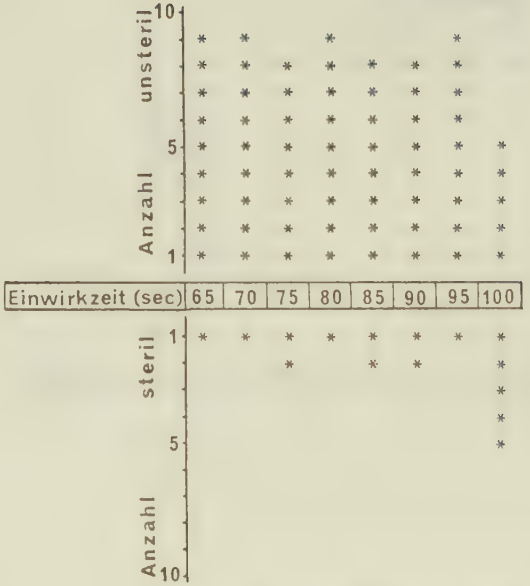
Tab.11 : **Gerät:** WEIL DENTAL
Medium: Glas
Einsteckmodus: innen, ganz, ohne Stop
Kontamination: Speichel + Blut + Sporenerde



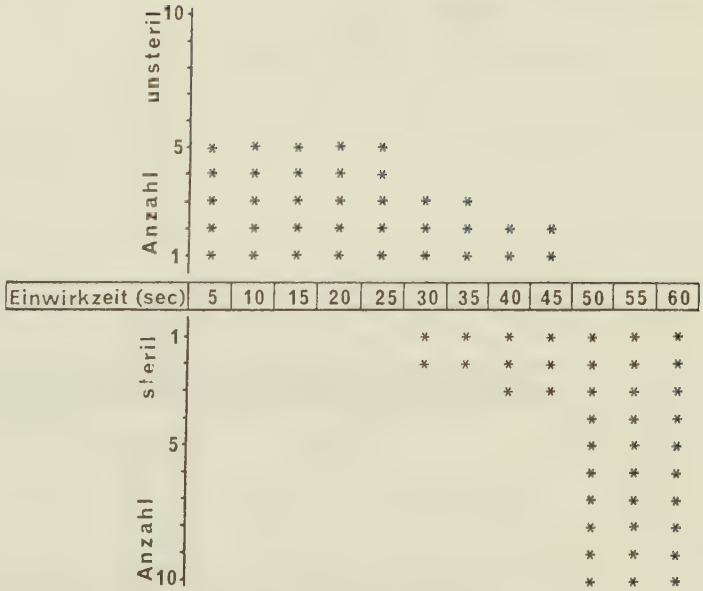
Tab. 12: **Gerät:** WEIL DENTAL
Medium: Glas
Einsteckmodus: außen, ganz, ohne Stop
Kontamination: Speichel + Sporenerde



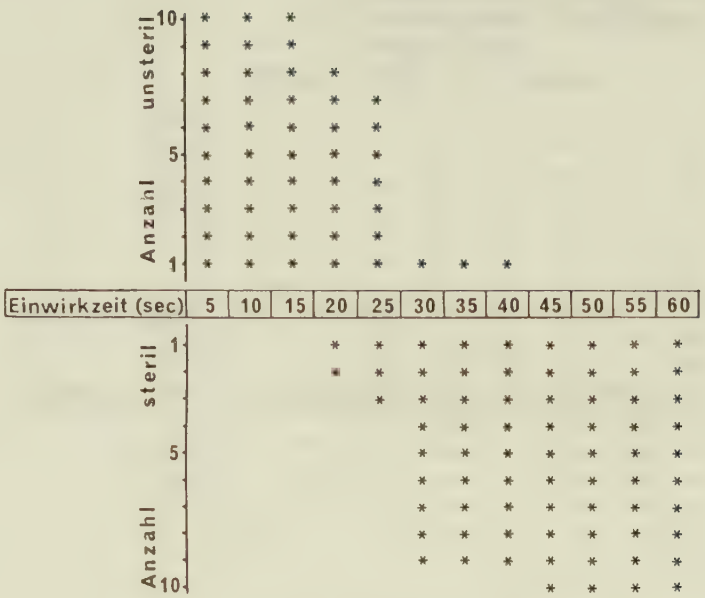
Tab. 13: **Gerät:** WEIL DENTAL
Medium: Glas
Einsteckmodus: außen, ganz, ohne Stop
Kontamination: Speichel + Blut + Sporenerde



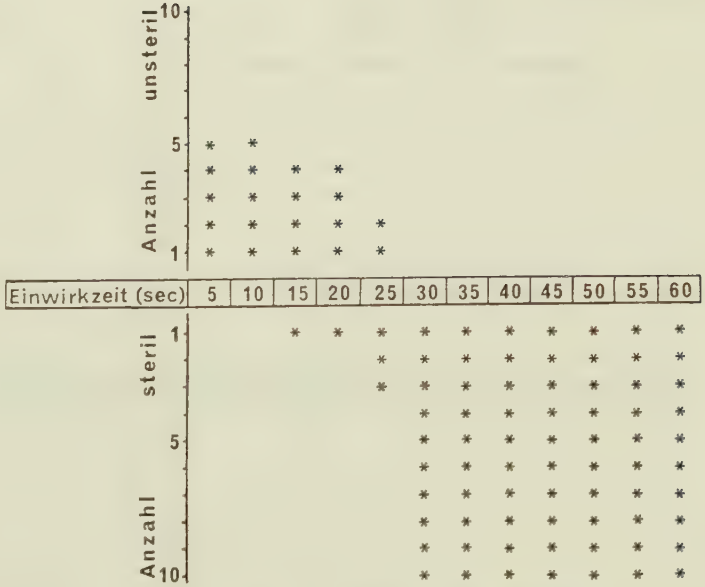
Tab. 14: **Gerät:** Dr. DESSART
Medium: Glas
Einsteckmodus: innen, ganz, ohne Stop
Kontamination: Speichel + Blut + Sporenerde



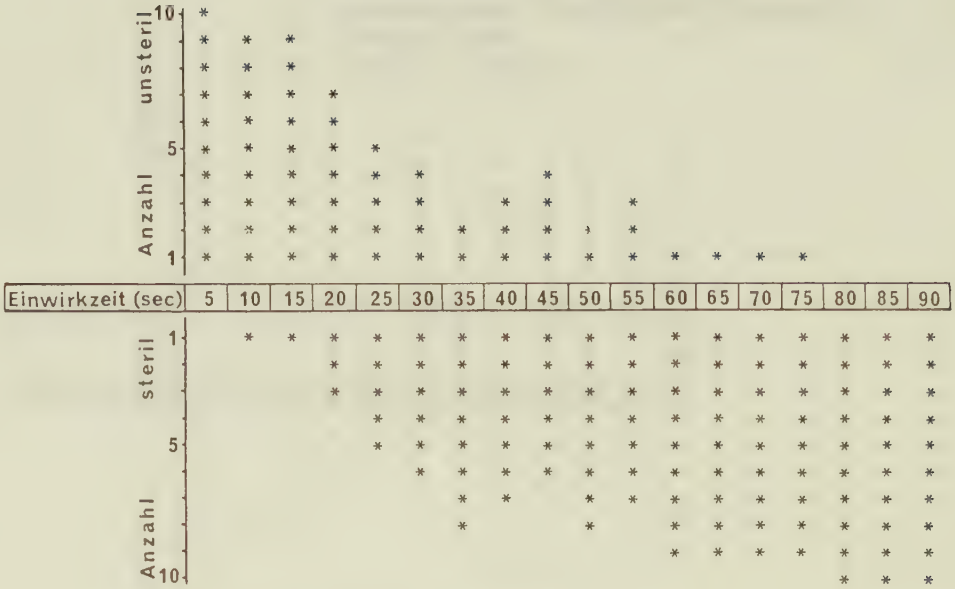
Tab.15 : **Gerät:** Dr. DESSART
Medium: Glas
Einsteckmodus: innen, ganz, ohne Stop
Kontamination: Speichel + Sporenerde



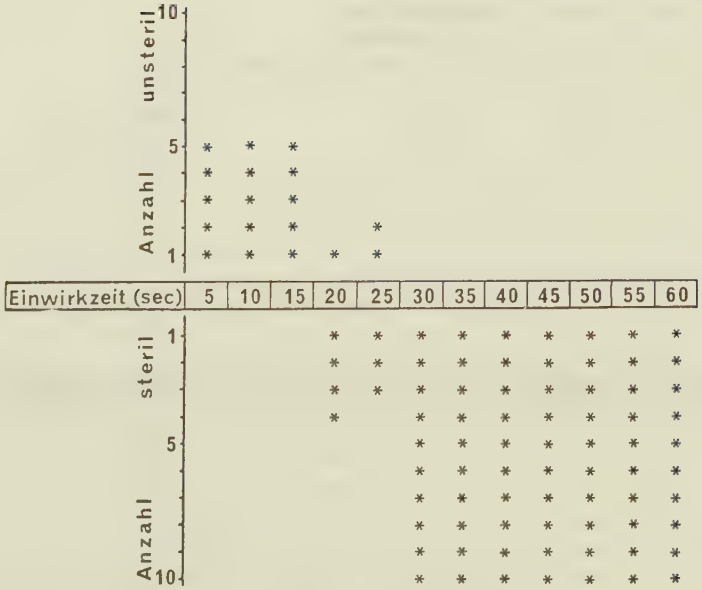
Tab.16: **Gerät:** Dr. DESSART
Medium: Glas
Einsteckmodus: außen, ganz, ohne Stop
Kontamination: Speichel + Blut + Sporenerde



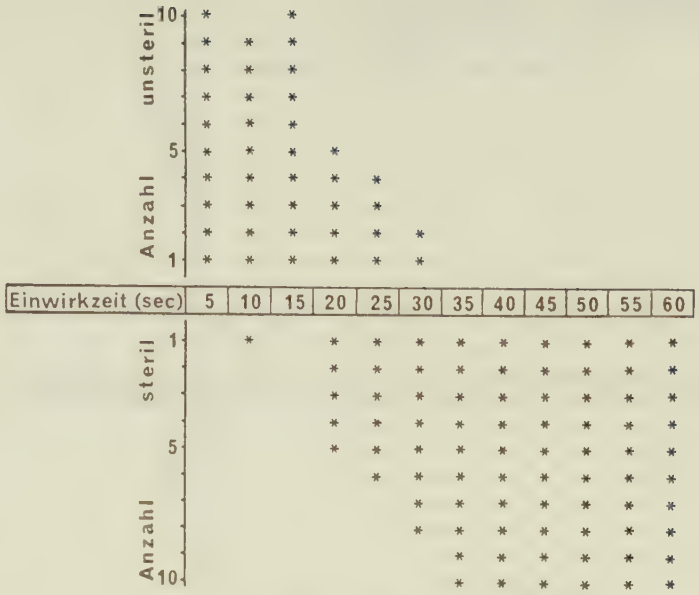
Tab.17: **Gerät:** Dr. DESSART
Medium: Glas
Einsteckmodus: außen, ganz, ohne Stop
Kontamination: Speichel + Sporenerde



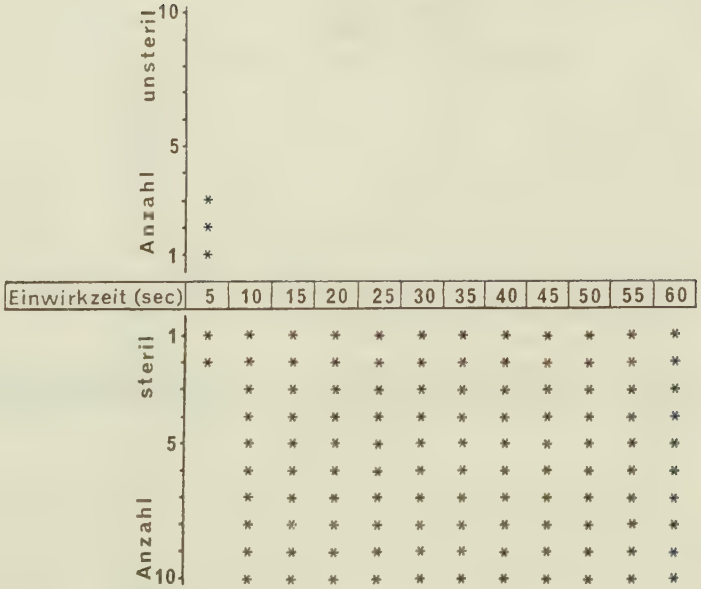
Tab.18: **Gerät:** Dr. DESSART
Medium: Salz
Einsteckmodus: innen, ganz, ohne Stop
Kontamination: Speichel + Blut + Sporenerde



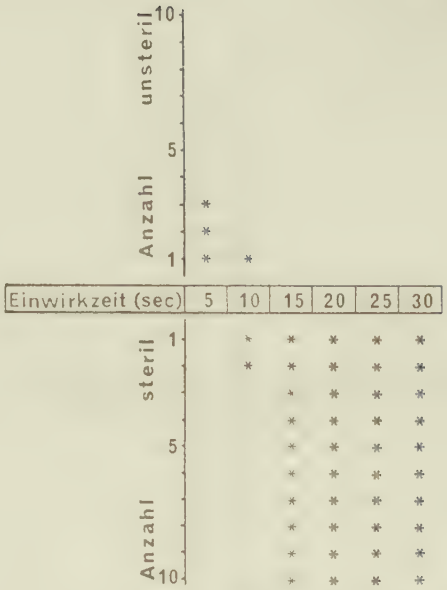
Tab.19: **Gerät:** Dr. DESSART
Medium: Salz
Einsteckmodus: innen, ganz, ohne Stop
Kontamination: Speichel + Sporenerde



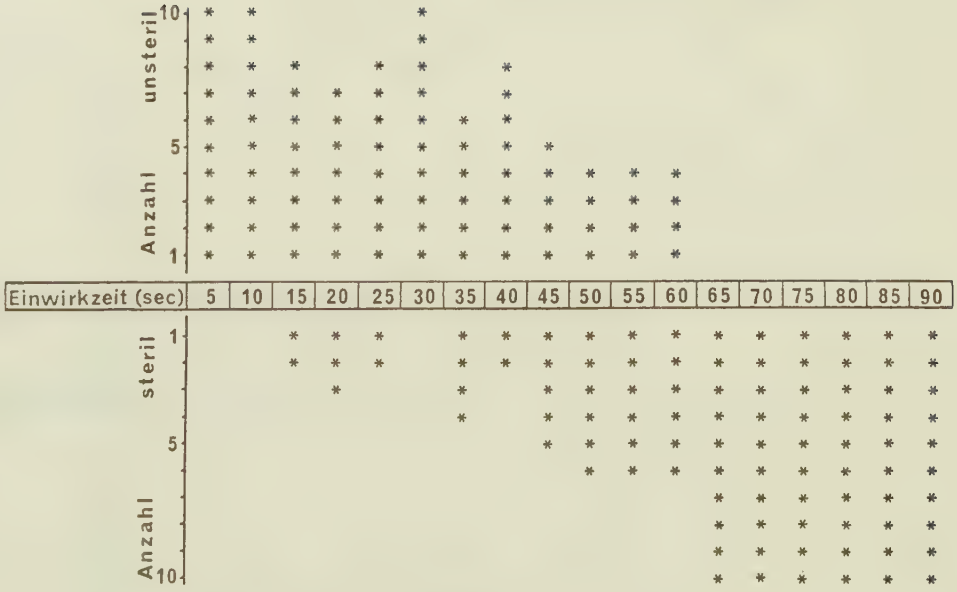
Tab.20: **Gerät:** Dr. DESSART
Medium: Salz
Einsteckmodus: außen, ganz, ohne Stop
Kontamination: Speichel + Blut + Sporenerde



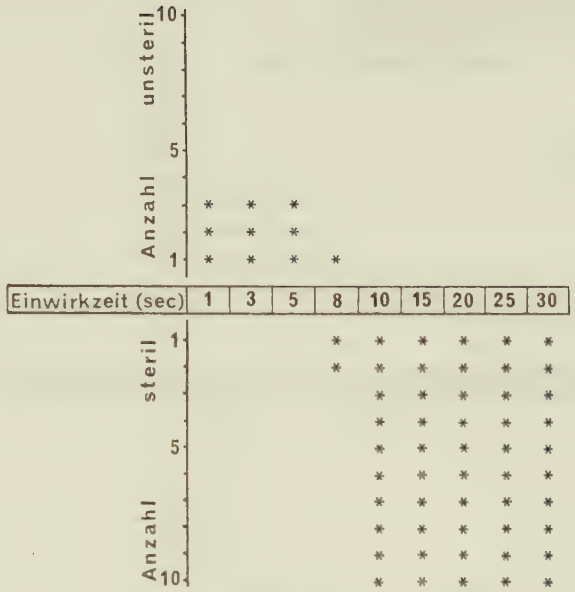
Tab.21: **Gerät:** Dr. DESSART
Medium: Salz
Einsteckmodus: außen, ganz, ohne Stop
Kontamination: Speichel + Sporenerde



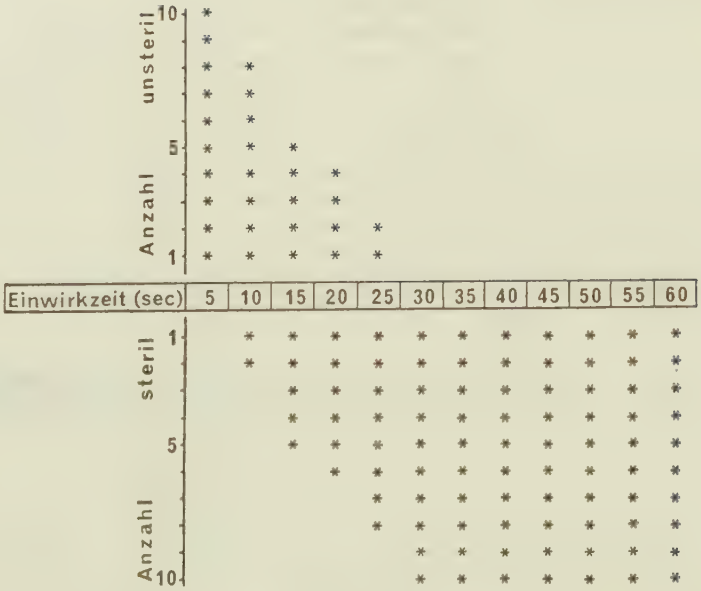
Tab. 22: **Gerät:** BUFFALO
Medium: Glas
Einsteckmodus: innen, ganz, ohne Stop
Kontamination: Speichel + Blut + Kokken



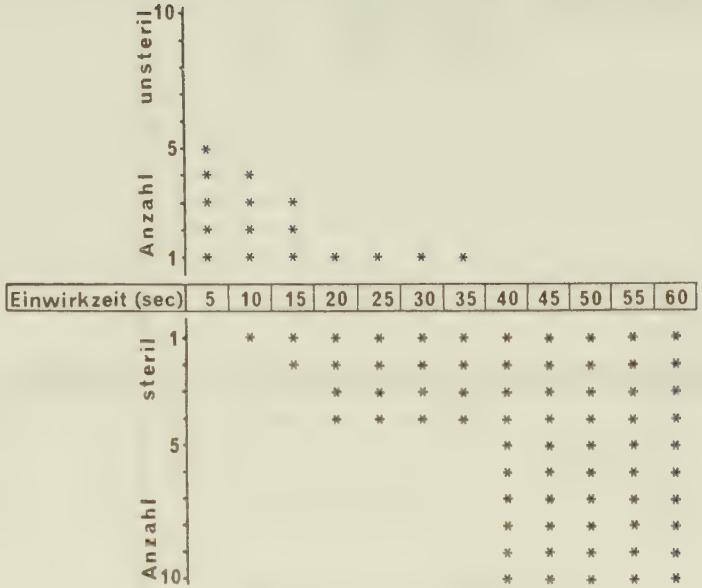
Tab.23: **Gerät:** BUFFALO
Medium: Glas
Einsteckmodus: innen, ganz, ohne Stop
Kontamination: Speichel + Blut + Sporenerde



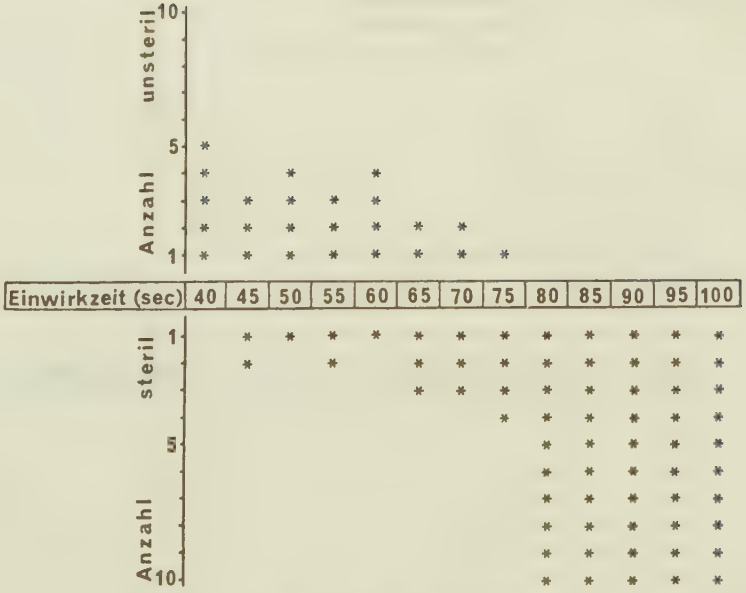
Tab.24: **Gerät:** BUFFALO
Medium: Salz
Einsteckmodus: innen, ganz, ohne Stop
Kontamination: Speichel + Blut + Kokken



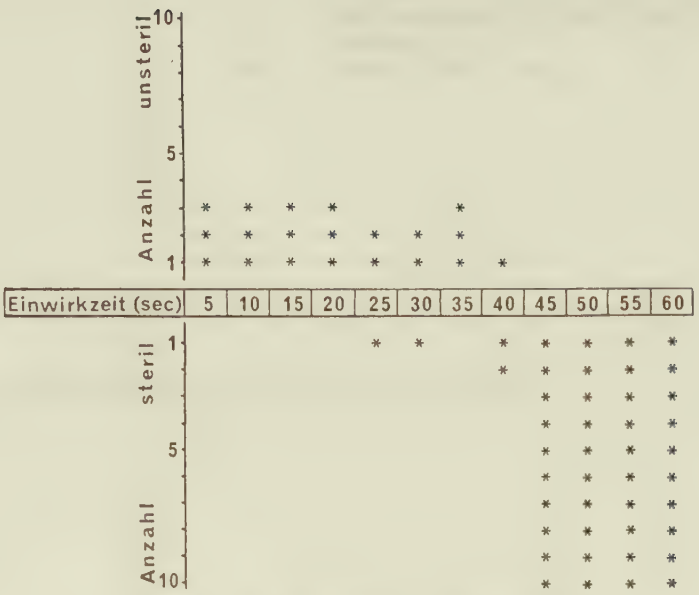
Tab.25: **Gerät:** BUFFALO
Medium: Salz
Einsteckmodus: innen, ganz, ohne Stop
Kontamination: Speichel + Blut + Sporenerde



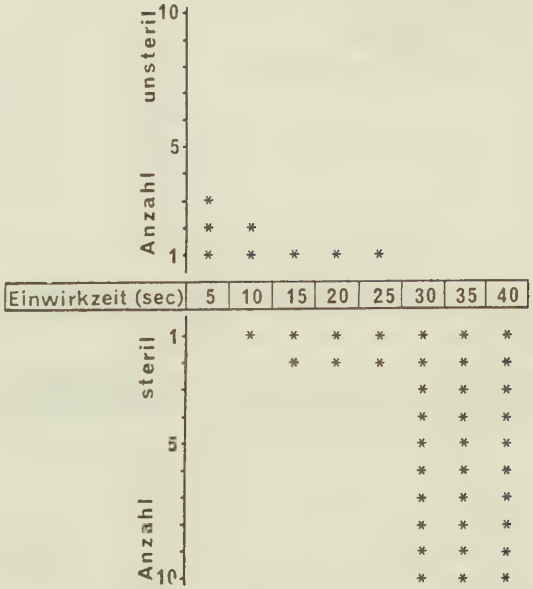
Tab. 26: **Gerät:** BUFFALO
Medium: Salz
Einsteckmodus: innen, teilweise, ohne Stop
Kontamination: Speichel + Blut + Kokken



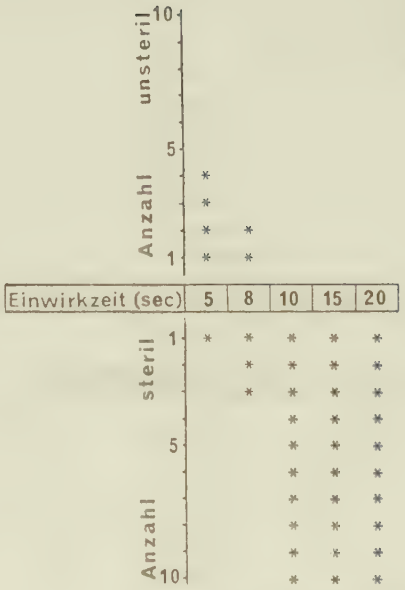
Tab.27 : **Gerät:** BUFFALO
Medium: Salz
Einsteckmodus: innen, teilweise, ohne Stop
Kontamination: Speichel + Blut + Sporenerde



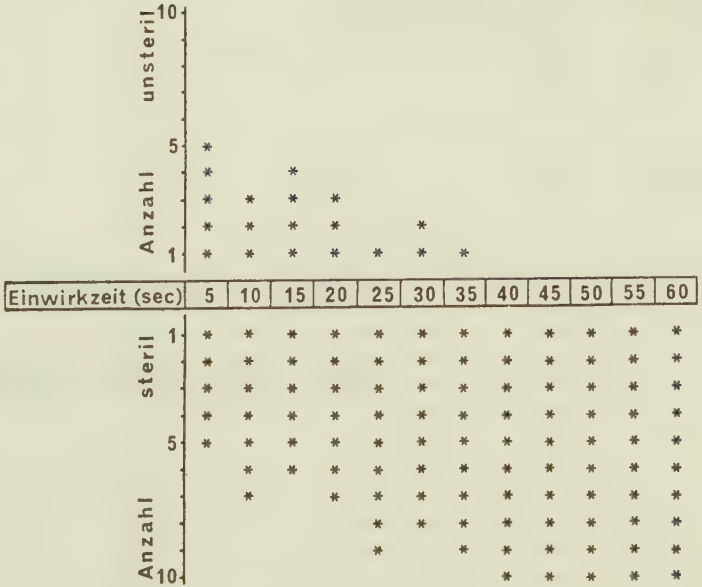
Tab.28: **Gerät:** WEIL DENTAL
Medium: Glas
Einsteckmodus: innen, ganz, ohne Stop
Kontamination: Speichel + Blut + Kokken



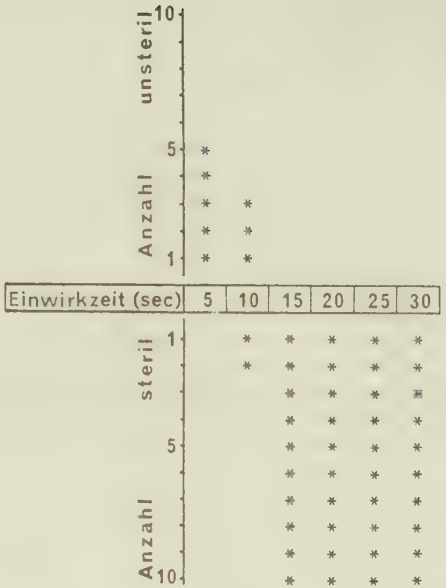
Tab. 29: **Gerät:** WEIL DENTAL
Medium: Salz
Einsteckmodus: innen, ganz, ohne Stop
Kontamination: Speichel + Blut + Kokken



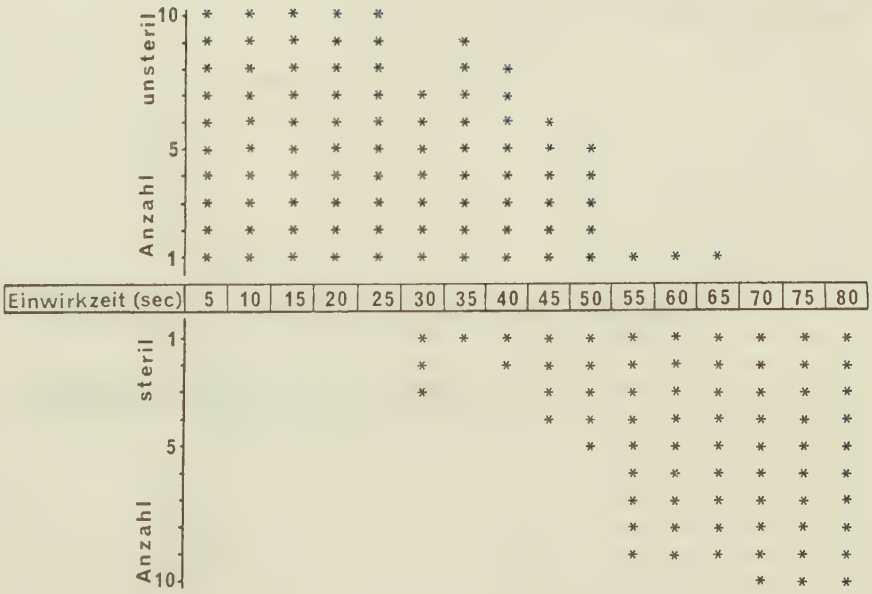
Tab.30: **Gerät:** PCA
Medium: Salz
Einsteckmodus: innen, ganz, ohne Stop
Kontamination: Speichel + Blut + Kokken



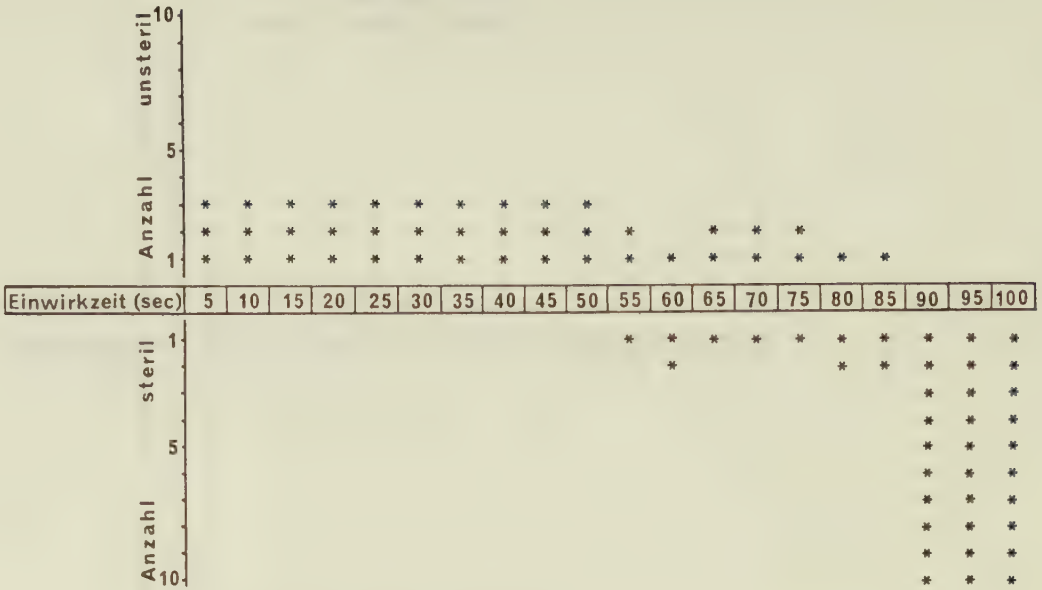
Tab. 31 : **Gerät:** PCA
Medium: Salz
Einsteckmodus: innen, ganz, ohne Stop
Kontamination: Speichel + Blut + Sporenerde



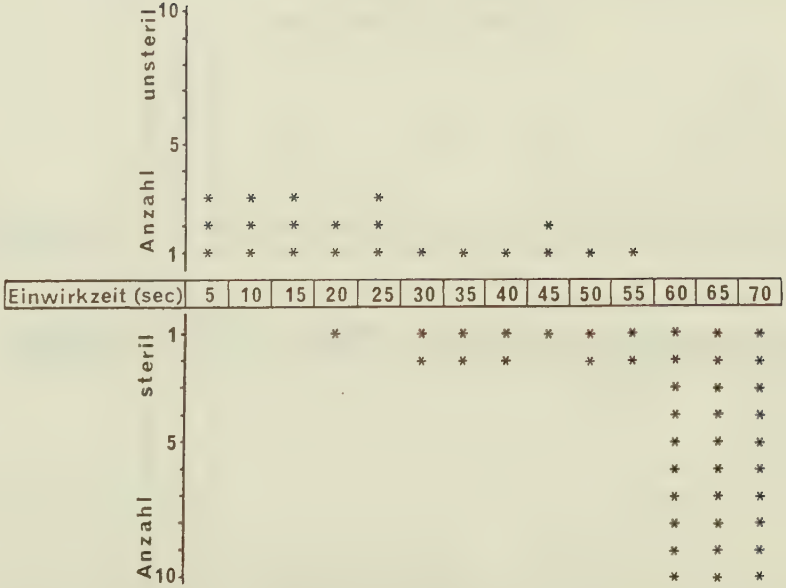
Tab.32: **Gerät:** PCA
Medium: Glas
Einsteckmodus: innen, ganz, ohne Stop
Kontamination: Speichel + Blut + Kokken



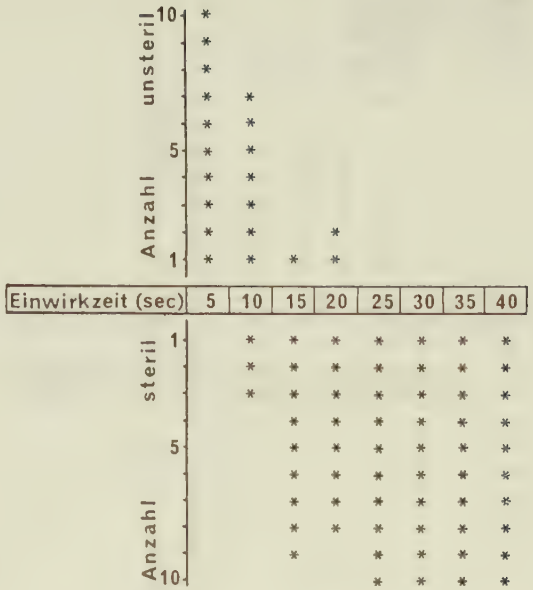
Tab.33 : **Gerät:** PCA
Medium: Glas
Einsteckmodus: innen, ganz, ohne Stop
Kontamination: Speichel + Blut + Sporenerde



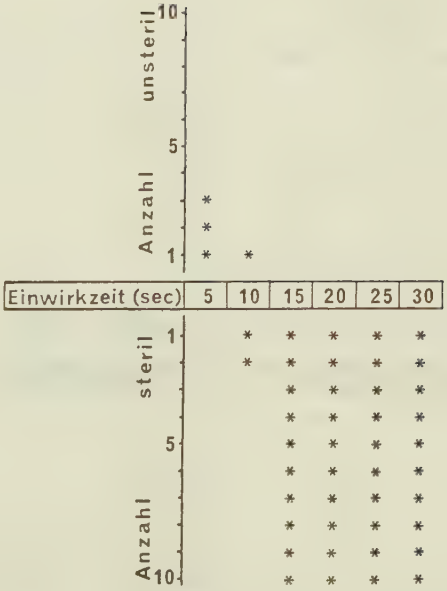
Tab. 34: **Gerät:** BUFFALO
Medium: Glas
Einsteckmodus: innen, teilweise, mit Stop
Kontamination: Speichel + Blut + Kokken



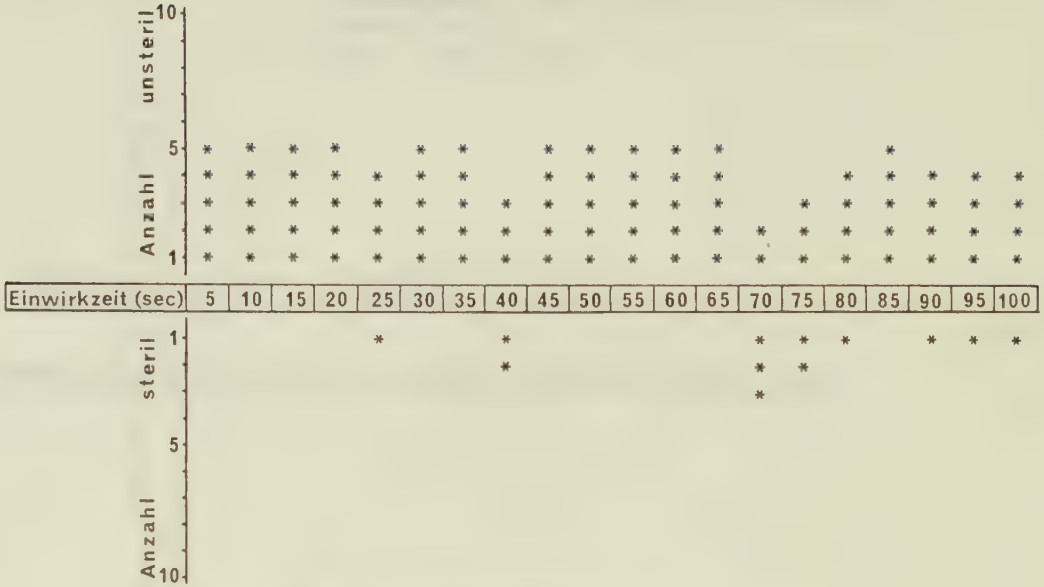
Tab.35 : **Gerät:** BUFFALO
Medium: Salz
Einsteckmodus: innen, teilweise, mit Stop
Kontamination: Speichel + Blut + Kokken



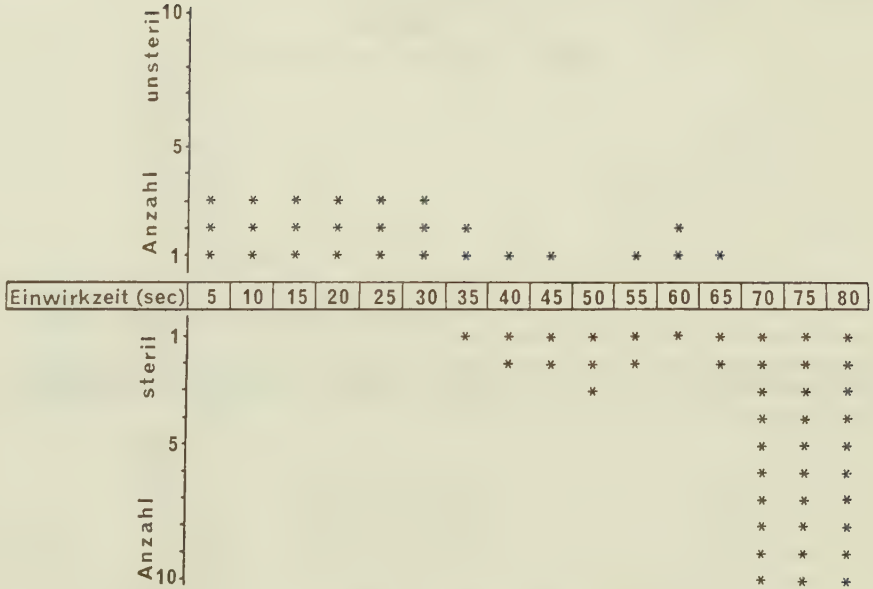
Tab. 36: **Gerät:** BUFFALO
Medium: Glas
Einsteckmodus: innen, ganz, mit Stop
Kontamination: Speichel + Blut + Kokken



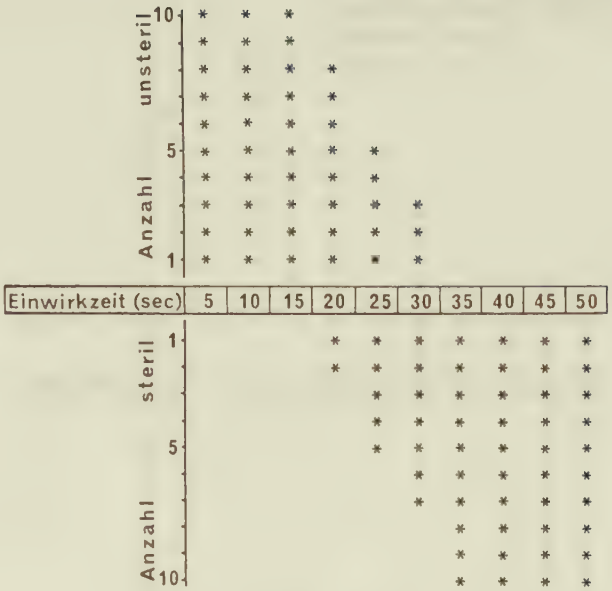
Tab.37: **Gerät:** BUFFALO
Medium: Salz
Einsteckmodus: innen, ganz, mit Stop
Kontamination: Speichel + Blut + Kokken



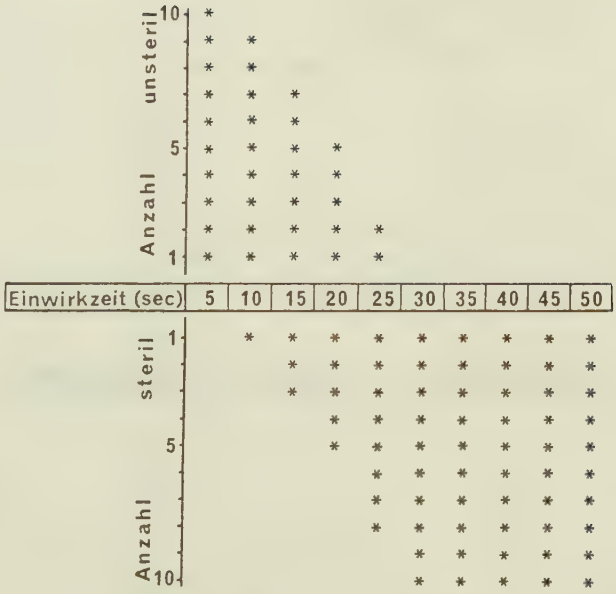
Tab.38: **Gerät:** WEIL DENTAL
Medium: Glas
Einsteckmodus: innen, teilweise, ohne Stop
Kontamination: Speichel + Blut + Kokken



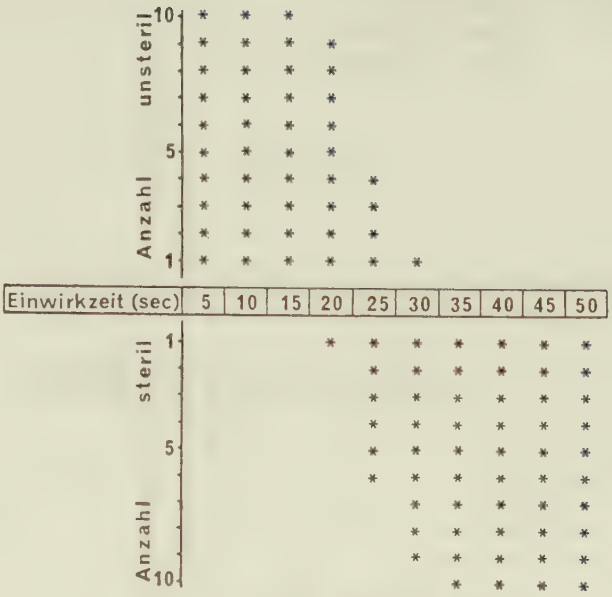
Tab. 39: **Gerät:** WEIL DENTAL
Medium: Salz
Einsteckmodus: innen, teilweise, ohne Stop
Kontamination: Speichel + Blut + Kokken



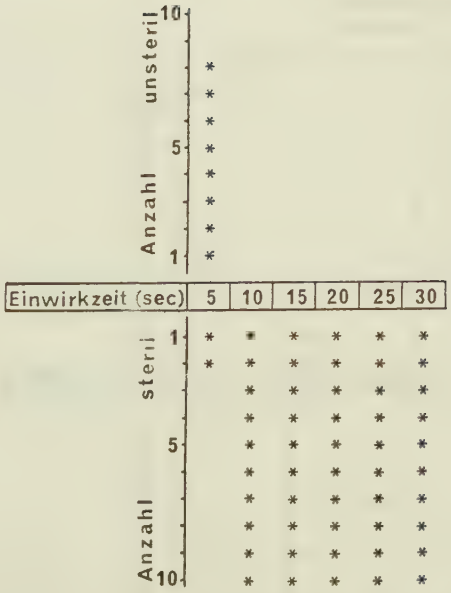
Tab. 40: **Gerät:** PCA
Medium: Glas
Einsteckmodus: außen, ganz, ohne Stop
Kontamination: Speichel + Blut + Sporenerde



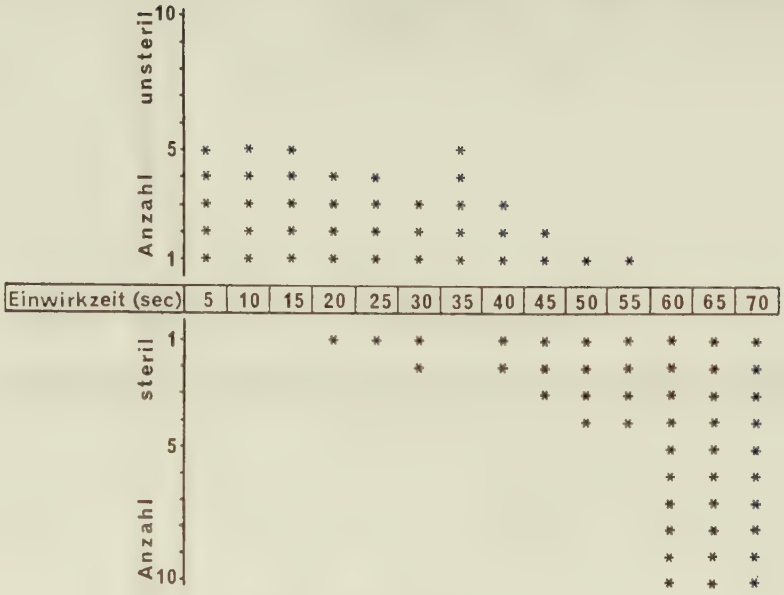
Tab. 41 : **Gerät:** PCA
Medium: Salz
Einsteckmodus: außen, ganz, ohne Stop
Kontamination: Speichel + Blut + Sporenerde



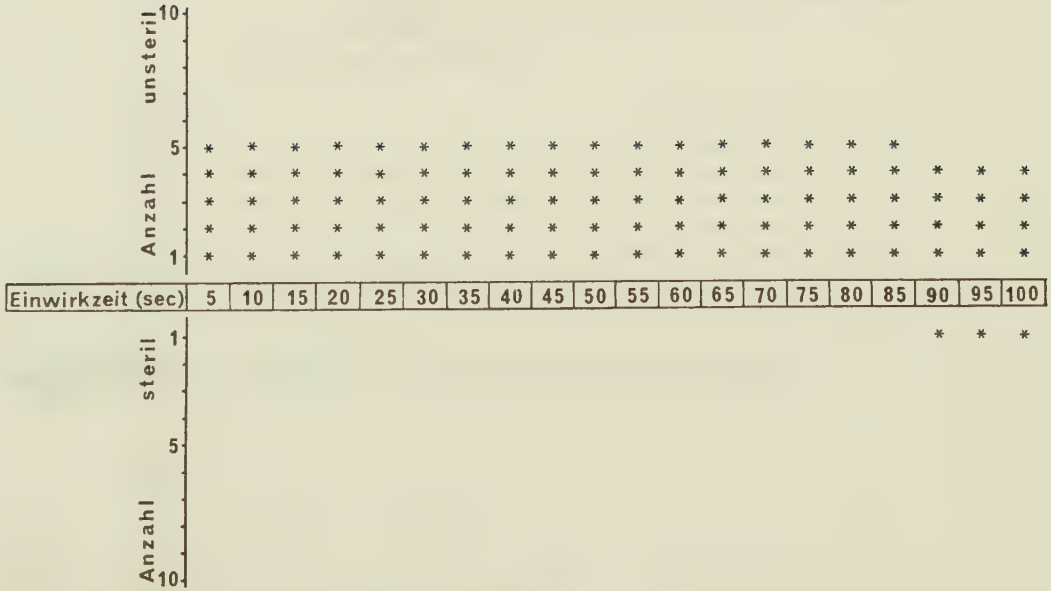
Tab. 42: **Gerät:** BUFFALO
Medium: Glas
Einsteckmodus: außen, ganz, ohne Stop
Kontamination: Speichel + Blut + Sporenerde



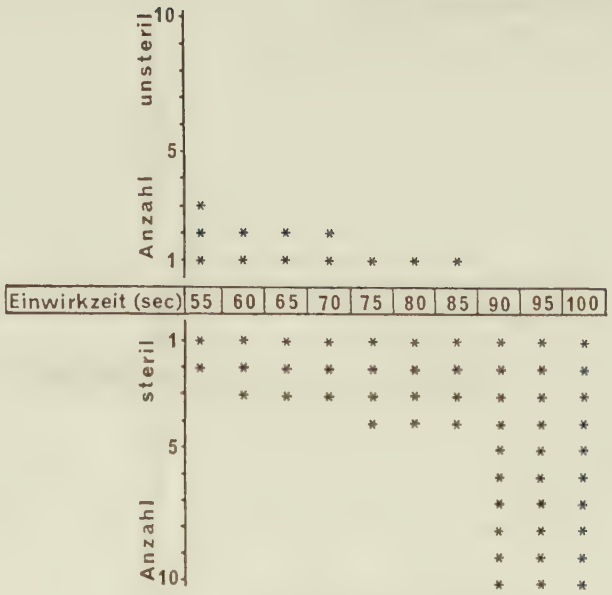
Tab.43: **Gerät:** BUFFALO
Medium: Salz
Einsteckmodus: außen, ganz, ohne Stop
Kontamination: Speichel + Blut + Sporenerde



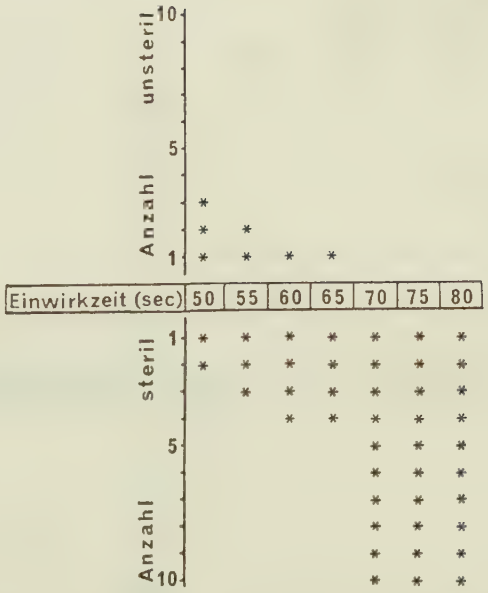
Tab. 44: **Gerät**: BUFFALO
Medium: Salz
Einsteckmodus: außen, teilweise, ohne Stop
Kontamination: Speichel + Blut + Sporenerde



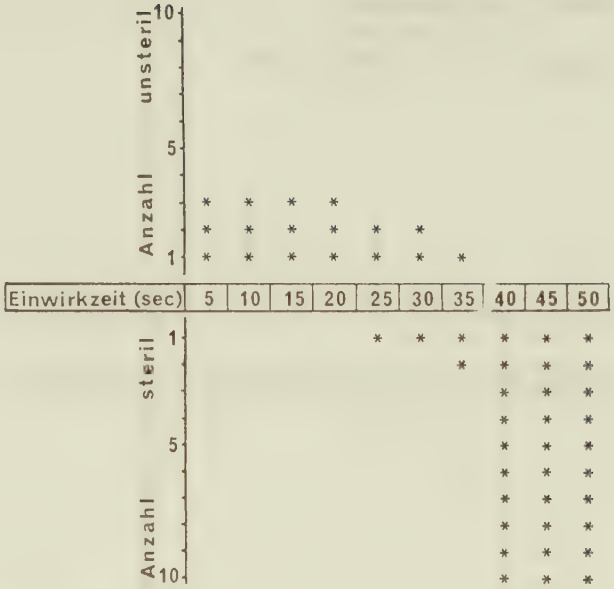
Tab. 45: **Gerät:** Dr. DESSART
Medium: Glas
Einsteckmodus: außen, teilweise, ohne Stop
Kontamination: Speichel + Blut + Sporenerde



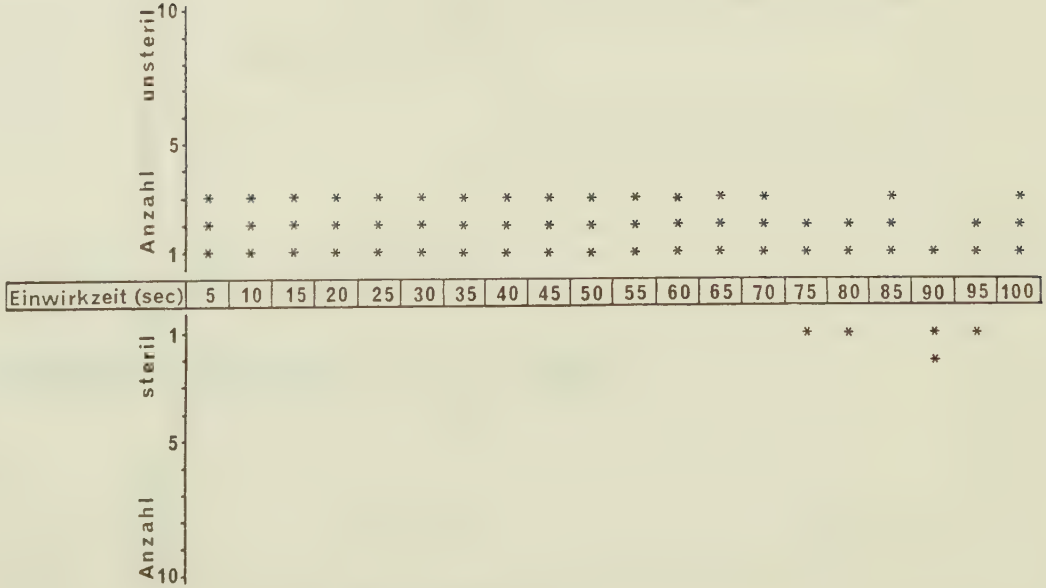
Tab. 46: **Gerät:** PCA
Medium: Salz
Einsteckmodus: innen, teilweise, ohne Stop
Kontamination: Speichel + Blut + Sporenerde



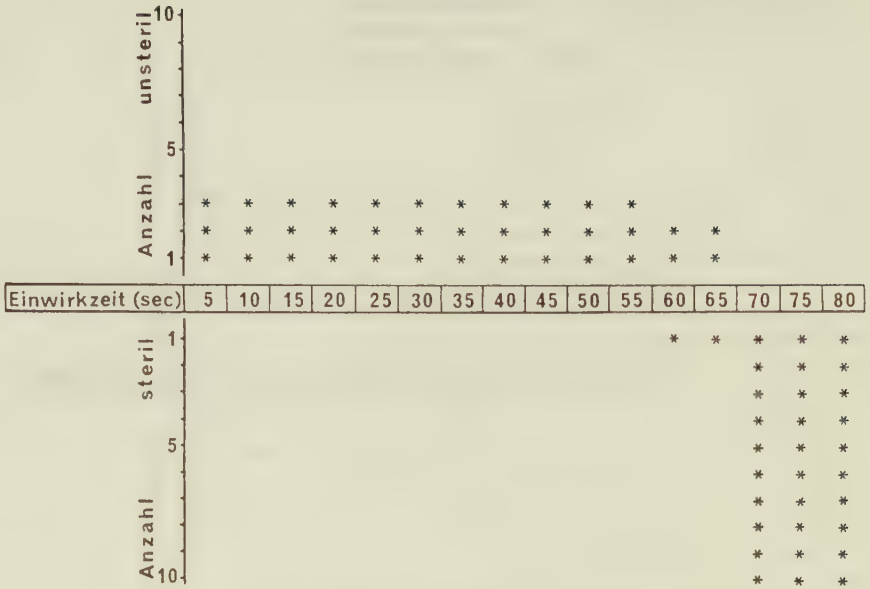
Tab.47 : **Gerät:** PCA
Medium: Salz
Einsteckmodus: außen, teilweise, ohne Stop
Kontamination: Speichel + Blut + Sporenerde



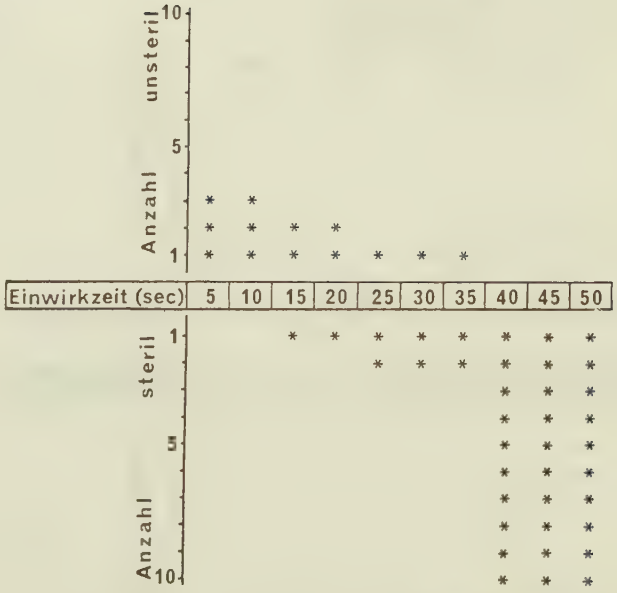
Tab.48: **Gerät:** BUFFALO
Medium: Glas
Einsteckmodus: innen, teilweise, ohne Stop
Kontamination: Speichel + Blut + Kokken



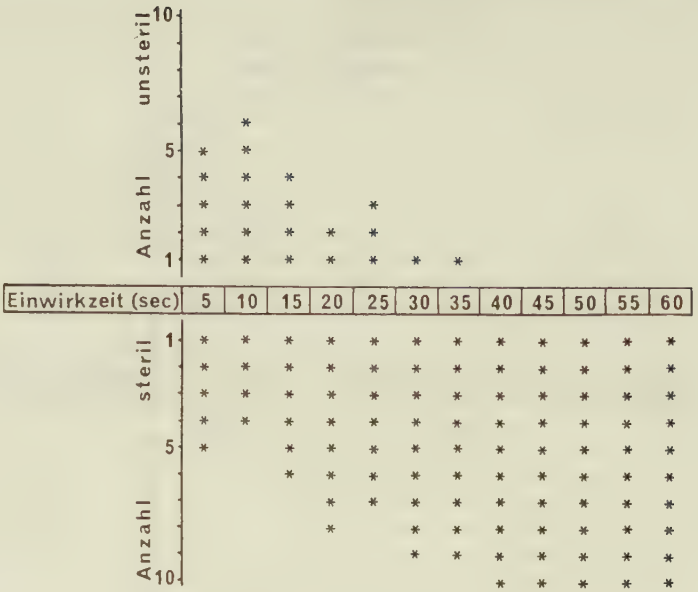
Tab.49: **Gerät:** WEIL DENTAL
Medium: Salz
Einsteckmodus: innen, teilweise, mit Stop
Kontamination: Speichel + Blut + Kokken



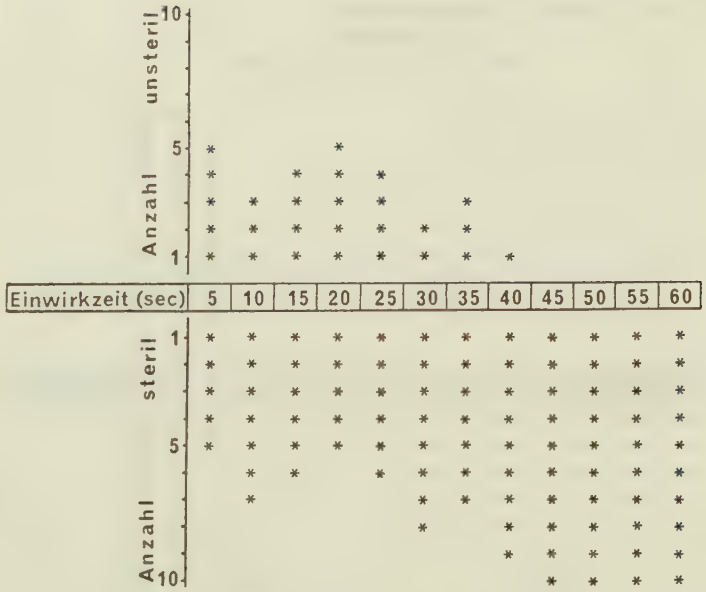
Tab. 50: **Gerät:** WEIL DENTAL
Medium: Glas
Einsteckmodus: innen, ganz, mit Stop
Kontamination: Speichel + Blut + Kokken



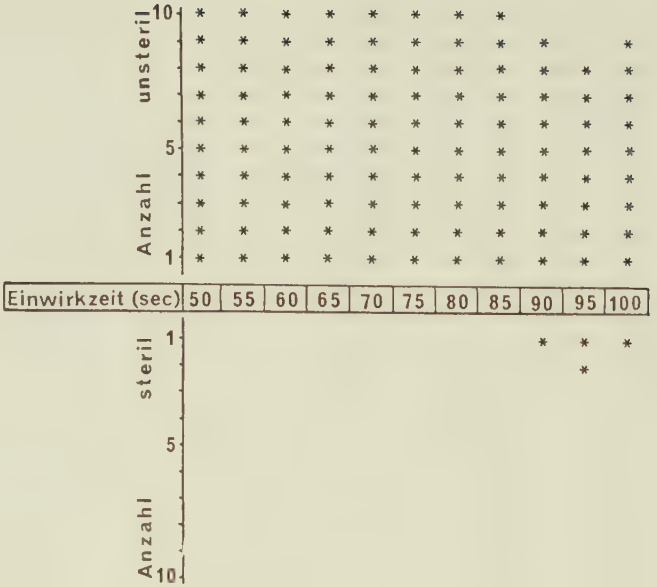
Tab. 51 : **Gerät:** WEIL DENTAL
Medium: Salz
Einsteckmodus: innen, ganz, mit Stop
Kontamination: Speichel + Blut + Kokken



Tab. 52: **Gerät:** BUFFALO
Medium: Salz
Einsteckmodus: innen, ganz, mit Stop
Kontamination: Speichel + Blut + Sporen



Tab. 53: **Gerät:** PCA
Medium: Salz
Einsteckmodus: innen, ganz, mit Stop
Kontamination: Speichel + Blut + Sporenerde



Tab. 54: **Gerät**: Dr. DESSART
Medium: Salz
Einsteckmodus: innen, ganz, mit Stop
Kontamination: Speichel + Blut + Sporen

Lebenslauf

Am 11. Mai 1959 wurde ich als Sohn des Arbeiters Johannes Dahl und dessen Frau Mathilde Dahl, geborene Diermann in Bochum geboren.

Ostern 1965 wurde ich in die Katholische Grundschule in Bochum eingeschult. Nach 4 Grundschuljahren wechselte ich Ostern 1968 auf das Goethe-Gymnasium in Bochum über und besuchte dieses bis zum Abitur am 13. Mai 1977.

Zum Wintersemester 1977/78 erhielt ich die Zulassung zum Studium der Zahnmedizin an der Universität Düsseldorf.

Das Vorphysikum bestand ich im August 1978 und das Physikum im Februar 1980.